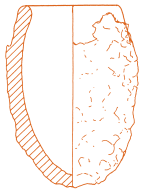


Beiträge zur Technikgeschichte **Band 1**
Studies in Technical History **Vol. 1**



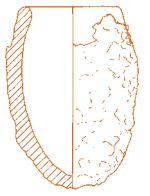
Alex R. Furger

Antike Schmelztiegel

Archäologie und Archäometrie der Funde aus Augusta Raurica



Alex R. Furger
Antike Schmelztiegel



Alex R. Furger

Antike Schmelztiegel

Archäologie und Archäometrie der Funde
aus Augusta Raurica

(mit Beiträgen von Markus Helfert)

© 2018, Alex R. Furger und LIBRUM Publishers & Editors LLC | Basel | Frankfurt a. M.

Dieses Buchprojekt wurde von folgenden Institutionen unterstützt:



Dr. h. c. Alfred Mutz-Stiftung für alte, insbesondere antike Technologie
und Technikgeschichte, Basel

Deutsches Lektorat: Rainer Vollmar, Frankfurt a. M.

Englische Übersetzung «Summary»: Madeleine Hummler, York / GB

Gestaltung und Satz: Katja von Ruville, Frankfurt a. M.

Druck: Memminger MedienCentrum, Memmingen

ISBN: 978-3-9524542-3-7

DOI: 10.19218/3952454237



Antike Schmelztiegel – Archäologie und Archäometrie der Funde aus Augusta Raurica
by Alex R. Furger is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0
International License.

www.creativecommons.org

Open-access bei



Umschlagbild: Tiegel-Rekonstruktion mit *Lutum*-Überzug und Deckel,
nach dem Experiment 7c zur Zementation von Messing (Ausschnitt aus Abb. 132,7c)

Umschlagrückseite: Zwei von römischen 893 Tiegeln (Katalognummern T454 und T455;
siehe Seiten 40 und 176, Tafel 14).

Inhalt

Zur neuen Reihe «Beiträge zur Technikgeschichte»	9
Dank	9
Einleitung	11
Forschungsgeschichte zum Metallhandwerk in Augusta Raurica	13
Die Erforschung der Technikgeschichte	13
Das 20. Jahrhundert	13
Die Übersicht von 1995	15
Der Übergang vom 20. zum 21. Jahrhundert	15
Materialbasis und Methodik	17
Die Fundbestände von Augusta Raurica zu metallhandwerklichen Tätigkeiten	17
Beprobung und Materialanalyse	17
Portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (von MARKUS HELFERT)	18
Grundlagen für den Einsatz	19
Durchführung der Messungen	20
Qualität der verwendeten Messmodi	20
Die Schmelztiegel	21
Charakterisierung des Tiegeltons	21
Farbe	21
Die Magerung und ihre Körnung	22
Erscheinungsbilder der Innen- und Aussenflächen	26
Kriterien der Materialaufnahme	27
Ergebnisse für Augusta Raurica	27
Erhaltung / Fragmentierung	29
Kriterien der Materialaufnahme	29
Ergebnisse für Augusta Raurica	29
Spuren an den Tiegeln	33
Kriterien der Materialaufnahme	33
Ergebnisse für Augusta Raurica: Reguli und ihre Abdrücke	33
Herstellung der getöpferten Tiegel	35
Anforderungen, Brenntemperatur und Eigenschaften der Tiegelkeramik	35
Die Werkspuren an den getöpferten Tiegeln	36
Werkstattspezifische(?) Details	37
Scheibengedrehte und handgemachte Tiegel	39
Die verschlackende äussere «Lutum-Schicht»	40
Die Besonderheiten des Lutums	40
Vielfältige Anwendungen	41
Fragen zur Herstellung	42
Fragen zur Chronologie	42
Exkurs: Lutum – antike und spätmittelalterliche Rezepte für Tiegelüberzüge	43
Bisherige archäometrische Untersuchungen des Lutums	48
Rekonstruktion der Herstellung des Lutums	49
Antike Reparaturen am Lutum	49
Das Lutum und die Feuerführung im Schmelzherd	50
Die Abdrücke von Holzkohle, Zangen und anderen Werkzeugen im Lutum	50
Überzüge im Tiegellinnern	52
Optische Charakterisierung der inneren Tiegelüberzüge	53
Glasuren und Engoben im Tiegellinnern	53
Hitzebeständigkeit	53

Exkurs: neuzeitliche Empfehlungen zur Tiegelherstellung, insbes. in J. G. Krünitz' «Oeconomischer Encyclopädie» (1773–1858)	54
Tiegelton	55
Formung der Tiegel	56
Brand	57
Handhabung und Feuerung	57
Die Tiegelformen in Augusta Raurica	58
Grössenspektrum	58
Rand- und Bodenformen	60
Kleine, eiförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, klein)	61
Mittelgrosse, meist beutelförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, mittelgross)	63
Grosse beutelförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, gross)	65
Volumenermittlung ganz erhaltener Tiegel vom Normaltyp	66
Tiegel vom Normaltyp mit aussen leicht verdicktem Rand	70
Tiegel mit Griffflaschen	70
Flachbodige Tiegel	73
Flachbodige Tiegel in Becherform mit Randprofil	75
Napf- und schälchenförmige Tiegel	77
Gebrauchskeramik, verwendet als Tiegel?	80
Tiegeldeckel	80
Verbreitung der Tiegel im Stadtgebiet von Augusta Raurica	86
Verbreitung nach Grösse	86
Verbreitung nach Tongruppe	86
Verbreitung nach Spezialform	89
Verbreitung nach Metallgehalt	89
Chronologie der Tiegel in Augusta Raurica	89
Beutelförmige Schmelztiegel des «Normaltyps»	89
Sonderform mit aussen leicht verdicktem Rand	90
Tiegel mit umgelegtem Rand	90
Flachbodige Tiegel	90
Schälchenförmige Tiegel	92
Chronologie der Tiegeldeckel	92
Fazit Chronologie	93
Auswärts vertretene Tiegel und Sonderformen	93
Dickwandige Miniaturtiegel	94
Rundbodige bis kugelförmige Tiegel	94
Trichterförmige Tiegel	96
Steilwandige Tiegel verschiedener Grössen	97
Tiegel mit dreieckiger Mündung	99
Tiegel mit Ausguss am Rand	101
Tiegel mit Loch in der Seitenwand	103
Tiegel mit trichterförmig verengter, auflutierter(?) Mündung	107
Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Schmelztiegeln	110
Analysen an Augster und auswärtigem Tiegelmateriale vor Projektbeginn	110
Fazit und offen gebliebene Fragen	110
Computertomographische Untersuchungen zum Tiegelaufbau	111
Geochemische Charakterisierung der Tiegelkeramik aus Augusta Raurica (von MARKUS HELFERT)	114
Für feuerfeste Keramik geeignete Tone	124
Katalog der untersuchten Vergleichstone	127
Herkunft der Augster Tiegeltone (mit MARKUS HELFERT)	149
Mikroskopische Charakterisierung der Tiegelkeramik aus Augusta Raurica	156
Untersuchungen an den äusseren Überzügen (Lutum)	157
Untersuchungen an den inneren Überzügen (Engoben und Glasuren)	157
Herkunft der Tiegel aus Augusta Raurica	161
Tiegelfunde aus auswärtigen Töpfereien	161
Die helltonigen Massenprodukte der Tongruppe 1	161
Die dunklen, quarzgemagerten Tiegel der Tongruppen 2–5	166

Nachweise von Guss speisen in Tiegeln und Deckeln	166
Analytische Methodik	166
Eindringen von Metallen in die Tiegelkeramik	166
Schlacke- und Metallspritzer	167
Analyse von Bohrspänen aus im Tiegel anhaftenden Metalltröpfchen	167
Analyse von Bohrspänen aus Metall-Reguli	168
Chemische Metallnachweise in eiförmigen Tiegeln der Augster «Normalform»	169
Fazit zu den Nachweisen von Guss speisen in Tiegeln des «Normaltyps»	177
Metallnachweise und Funktion der Tiegeldeckel	177
Metallnachweise und Funktion der schälchenförmigen Tiegel	179
Auswärtige Untersuchungen an Guss speiseresten	181
Unterschiedliche Schwefelkonzentrationen	182
Spuren der Messing-Zementation mit Zinkerz	183
Erhöhte Zinkkonzentrationen in Schmelztiegeln	183
Belege für Messingschmelze oder Messing-Zementation?	183
Charakterisierung der Zementationstiegel	184
Schabspuren in einem Zementationstiegel	187
Lassen sich die Zinkerze Galmei und Zinkblende archäometrisch an Tiegelresten unterscheiden?	187
Experimentelle Tiegelar chäologie	188
Personal und Ausrüstung	188
Experiment 1: Tiegeltone aufbereiten	189
Experiment 2: Tiegel töpfern und brennen	194
Experiment 3: Rekonstruktion des römischen Lutums	196
Experiment 4: Tiegel lutieren, vorbrennen und brennen	206
Experiment 5: Originaltiegel nachbrennen	208
Experiment 6: Zinkdampfdurchlässigkeit der Tiegeldeckel	210
Experiment 7: Zinkkontamination bei der Messing-Zementation	214
Experiment 8: Zinkkontamination beim Schmelzen und Giessen von Messing	224
Experiment 9: Zinkabbrand in Messingschmelze	225
Experiment 10: Zinnabbrand in Bronzeschmelze	230
Experiment 11: Zubereitung eines glasurartigen Blei-Schwefel-Gemisches	231
Experiment 12: Knochen als hochgradiges, anhaltendes Brennmaterial?	233
Fazit der Experimente	237
Antike Quellen über Tiegel	239
Begriffe	239
Tonmaterial	239
Herstellung	240
Exkurs: Das Depot ungebrauchter Tiegel von Insula 19	240
Zusammenfassung	243
Untersuchungsgebiet	243
Untersuchtes Material	243
Archäologische und chronologische Charakterisierung der Tiegel	243
Nicht nachgewiesene Tiegelformen	244
Arbeitsablauf bei der Tiegelherstellung	244
Innovation Lutum: Befund und Rekonstruktion	245
Metallspuren und metallurgische Prozesse	245
Lokale Tiegelproduktion und Tiegelhandel	246
Summary	248
Research area	248
The material examined	248
Archaeological and chronological identification of the crucibles	248
Unrepresented crucible shapes	249
Making crucibles: workflow	249
Lutum as an innovation: context and reconstruction	250
Traces of metal and metallurgical processes	250
Local crucible production and trade	251

Katalog der Schmelztiegel	253
Tafel 1 («Normaltyp» klein)	254
Tafel 2 («Normaltyp» klein)	255
Tafel 3 («Normaltyp» klein)	257
Tafel 4 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)	262
Tafel 5 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)	264
Tafel 6 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)	265
Tafel 7 («Normaltyp» mittelgross)	267
Tafel 8 («Normaltyp» mittelgross)	268
Tafel 9 («Normaltyp» mittelgross)	269
Tafel 10 («Normaltyp» mittelgross)	271
Tafel 11 («Normaltyp» mittelgross)	273
Tafel 12 («Normaltyp» mittelgross)	274
Tafel 13 («Normaltyp» gross)	285
Tafel 14 («Normaltyp» gross)	285
Tafel 15 («Normaltyp» gross)	287
Tafel 16 («Normaltyp» gross)	287
Tafel 17 («Normaltyp» gross)	289
Tafel 18 («Normaltyp» gross)	290
Tafel 19 («Normaltyp» gross)	292
Tafel 20 («Normaltyp» gross)	293
Tafel 21 («Normaltyp» gross)	294
Tafel 22 («Normaltyp» gross)	295
Tafel 23 («Normaltyp» gross)	296
Tafel 24 («Normaltyp» übergross)	310
Ohne Tafel-Abbildungen (Tiegelfragmente vom «Normaltyp», Grösse nicht bestimmbar)	311
Tafel 25 («Normaltyp» mit aussen leicht verdicktem Rand)	312
Tafel 25 (Tiegel mit Griffflaschen)	313
Tafel 25 (Tiegel mit umgelegtem Rand)	313
Tafel 26 (flachbodige Tiegel)	313
Tafel 27 (Schälchentiegel)	314
Tafel 27 (Tiegel aus Gebrauchskeramik)	315
Tafel 28 (neuzeitliche Tiegel)	315
Tafel 29 (Tiegeldeckel)	315
Tafel 30 (Amphorenscherben-Tiegeldeckel)	316
Tafel 30 (Tiegel varia)	316
Tafel 30 (isolierte Reguli aus Tiegeln)	317
Abkürzungen	317
Glossar	318
Literatur	319
Tafel- und Abbildungsnachweis	331
Anhang	333
Übersichts- und Analysetabellen	333
Tabelle 1	335
Tabelle 2	336
Tabelle 3	339
Tabelle 4	340
Tabelle 5	344
Tabelle 6	352
Tabelle 7	354
Konkordanzen	356
Tafeln	357
«Beiträge zur Technikgeschichte»	388

Zur neuen Reihe «Beiträge zur Technikgeschichte»

Mit der vorliegenden Monographie lancieren LIBRUM Publishers & Editors LLC als Verleger und die Dr. h. c. Alfred Mutz-Stiftung für alte, insbesondere antike Technologie und Technikgeschichte als Herausgeberin die Reihe «Beiträge zur Technikgeschichte» | «Studies in the History of Technology». In dieser Reihe sollen in lockerer Folge kleine und grössere Studien zu technikgeschichtlichen Themen erscheinen.

Die «Beiträge zur Technikgeschichte» | «Studies in the History of Technology» sind – ganz im Sinne des breitgefächerten Arbeits- und Interessengebiets des Stifters

Dr. h. c. Alfred Mutz (1903–1990) – inhaltlich offengehalten und können technologische Themen zu allen Materialien (Metall, Keramik, Holz usw.), Anwendungsbereichen (Gebrauchsgüter, Hausbau, Industriearchäologie usw.), technischen Aspekten (Handwerk, Werkzeuge, Werkstätten usw.) und zu allen Epochen (von den Steinzeiten bis zur frühen Neuzeit) beinhalten.

(Eine Vorschau der «Beiträge zur Technikgeschichte» findet sich auf Seite 388)

Dank

Es war mir vergönnt, nach 25 Jahren als Leiter von Augusta Raurica weitere viereinhalb Jahre am Forschungsprojekt über das Buntmetallhandwerk und insbesondere über die zahlreichen Schmelztiegel arbeiten zu dürfen, drei davon im Rahmen einer Teilzeitanstellung. Diese privilegierte Situation verdanke ich dem Entgegenkommen von Alt-Regierungsrat Urs Wüthrich Pelloli und Römerstadt-Leiter Dani Suter.

Der Umstand, weit mehr Zeit – bis in die Pensionierung hinein – zur Verfügung zu haben als in eng finanzierten und streng befristeten Projekten, erlaubte es mir, in manchen Fragen und Abklärungen viel weiter zu gehen, als dies sonst möglich gewesen wäre. Für diesen Band betrifft dies zum Beispiel die Beprobung von Dutzenden von Lehmagerstätten im Gebiet der Colonia Raurica zur Referenzierung der archäometrisch definierten Tiegeltongruppen (Abb. 72 und 74) oder den grossen experimentellen Aufwand, den ich mit einigen Helferinnen und Helfern 2013 durchführen konnte (Experimente 1–12 mit Abb. 105–162).

Während der Erarbeitung dieser Tiegelmonographie durfte ich von zwei Leuten sehr intensive Unterstützung finden und danke daher ganz besonders

- Markus Helfert vom Institut für Archäologische Wissenschaften, Abteilung II Archäologie und Geschichte

der römischen Provinzen sowie Hilfswissenschaften der Altertumskunde, der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a. M. (Leitung Hans-Markus von Kaenel), der mir schon 2011 das mobile Niton-Analysengerät vorgeführt hat und auch kritische Tests zuließ, und später im Rahmen eines «Joint-ventures» eine grosse Messserie an Schmelztiegeln (Tabellen 1 und 2) und vielen anderen Fundobjekten aus Bronzegiesereien bewältigte. Ihm verdanke ich die Beiträge auf den Seiten 18 ff., 114 ff. und 149 ff.

- Daniela König, damals Doktorandin bei Vincent Serreels am Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg i. Ü. / FR, war mit ihrem Thema «Mineralogische Untersuchungen an römischen Schmelztiegeln» prädestiniert für eine Zusammenarbeit. Ihr verdanke ich den Report über die kleine Augster Tiegelserie, die ihr ergänzend zu Funden aus Avenches / VD, Autun / D und Xanten / D zur Verfügung stand (König 2015).

Des Weiteren durfte ich Unterstützung, Tipps, Literaturhinweise und vielerlei Anregungen von einer grossen Runde von Kolleginnen und Kollegen entgegennehmen, denen ich für ihre Hilfe sehr danke:

Rahel C. Ackermann, Inventar der Fundmünzen der Schweiz (Tiegel der Münzstätte Haldenstein / GR; Mitwirkung bei Experimenten)

Catherine Aitken (Übersetzung eines altenglischen Textes von Thomas Norton)

Martin Allemann, Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt (Lehmbeprobung und Fundstellenhinweise)

Sandra Ammann (zahlreiche Nachinventarisierungen und Datenbank-support)

Ursule Babey, Archéologie cantonale du Jura (Auskünfte zu hellen, hitzebeständigen Tonen)

Res Blatter, Haustierpark Augusta Raurica (Eselmist und Tierhaare für Lutum-Experimente)

Urs Brombach (GIS-Unterstützung für Abbildung 72)

Silvia Brunner (Anpassungsversuche in grossen Tiegelscherben-Komplexen)

Christine Burch, Rheinfelden / AG (Tiegelrekonstruktionen [Abb. 113] und Brand von Analyseplättchen [Abb. 111 und 115])

Andreas Dorn, Ägyptologie, Departement Altertumswissenschaften, Universität Basel (Literaturauskünfte)

Susan Ehrat, Lohner Ziegelei AG, Lohn / SH (drei Tonproben aus Lohn)

André Fasolin, Ziefen / BL (Lausener Huppererde und div. Auskünfte)

Sylvia Fünfschilling (Fundkomplex-Datierungen, glastechnische Auskünfte, Literaturhinweise)

Lukas Grolimund, Ausgrabungen Kaiseraugst / AG (Angaben zu Lehmproben)

Christine Gugel, Archäologie und Museum Baselland (elektronisches Mikroskop)

Jürgen Günther, Firma Feuerfest GmbH, Kandersteg / D (Beprobungen von Lehm)

Pascal Hänsgen, Tonwerke Keller AG, Frick / AG (diverse Lehmproben)

Bruno W. Häuptli, Basel (Übersetzungen und Interpretationen lateinischer und griechischer Quellentexte)

Mathias Higelin, Archéologie Alsace, Sélestat / F (Tiegel aus dem Elsass, Literaturhinweis)

Ludwig H. Hildebrand, Büro für Denkmalpflege und Umweltschutz Wiesloch / D (Literaturhinweise und Besorgung von Galmei)

Eduard Hirz, Bagger- und Grubenbetrieb Steinen / D (verschiedene Hupper- und andere Lehmproben aus Südbaden)

Werner Hug, Aedermannsdorf / SO (Hupperlehm- und Bolus-Proben)

Thomas Hügler, Geschichtsverein Heimbach / D (Auskünfte zu Hupperlehm)

Christoph Jäggi, Biel-Benken / BL (Experimentelle Archäologie: Schmelz- und Zementationsversuche)

Stefan Jakob, Töpfer in Zürich (reduzierender Brand von 70 Tonproben [Abb. 115, rechts])

Ursula Jansen (GIS-Unterstützung für die Verbreitungspläne Abb. 30–35; 72; 91 und 101 sowie Abb. 164)

Marion Kaufmann (Waschen der ungereinigten Tiegelkomplexe)

Rudolf Känel (Literaturrecherchen und Übersetzungshilfen)

Hans-Markus von Kaenel, Institut für Archäologische Wissenschaften, Abteilung II Archäologie und Geschichte der römischen Provinzen sowie Hilfswissenschaften der Altertumskunde, Universität Frankfurt a. M. (Hinweis und Support mobiles Niton-Analysegerät)

Manfred Lehner, Institut für Archäologie der Universität Graz / A (Auskünfte und Publikationserlaubnis zum Gleisdorfer Tiegel Abb. 24,5)

Max Martin† (Fundlisten und Tiegel-Sachkartei)

Christian A. Meyer, Naturhistorisches Museum Basel (Bestimmung der Mineralien-Funde)

Joachim Müller, Hertingen / D und Calgary / CAN (Auskünfte zu Hupperlehm)

Roland Müller, Museum Matzendorf / SO (Beprobungen von Lehm)

Thomas Mumenthaler, Zürich (Auskünfte zu hoch brennenden, hitzebeständigen Tonen)

Michel Pernot, Université de Bordeaux / F (Literaturhinweise)

Markus Peter (Münzbestimmungen und entsprechende Legierungshinweise)

Felicitas Prescher (Zeichnungen aller Schmelztiegel)

Christine Pugin (Mitwirkung bei Experimenten)

Tilo Rehren, University of Doha / Qatar (Auskünfte zur Tiegel-Archäometrie)

Philippe Rentzel, Geo-Archäologe am IPNA in Basel (verschiedene Lehm-Proben der IPNA-Sammlung)

Kathrin Schäppi (Mitwirkung bei Experimenten)

Susanne Schenker (Support in der Fotografie und Bildbearbeitung)

Debora Schmid (Projektbegleitung 2011–2013)

Christoph Schneider, Universitätsbibliothek Basel (griechische Begriffe und Schreibweisen)

Susan Steiner, Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt (Evaluation Hand-Analysegeräte)

Nicolas Thomas, Institut national de recherches archéologiques préventives INRAP (Hinweise auf Quellen zum *lutum sapientiae*)

Günther E. Thüry (Zusammenstellung der griechischen Tigelnamen in P. Leid. und P. Holm.)

Hannes Weiss, Aeugst / ZG (Auskünfte zu Keramik, Tonproben für Analysen etc.)

Norma Wirz (Unterstützung in den Funddepots Augusta Raurica)

Maya Wartmann (Unterstützung in Restaurierungsfragen)

Urs Werner, Schaffhausen (Abklärungen bei Archäometallurgen in Japan; Experimentelle Archäologie)

Stephan Wyss (Diskussionen und Literaturhinweise).

Vor der Drucklegung durfte ich viel profitieren von meinen Peer-Reviewern:

- Peter-Andrew Schwarz, Professor für Provinzialrömische Archäologie an der Universität Basel, Inhaber der Vindonissa-Professur
- Urs Werner, Dipl. Ing. chem. Metallurge ETH, Senior Advisor der Firma Georg Fischer AG, Vorstandsmitglied der Eisenbibliothek Schlatt / TG.

Ihnen habe ich manche Korrektur und sehr viele Inputs zu verdanken, die vor der Drucklegung in das Manuskript einfließen konnten. Die Stiftungen und Sponsoren, welche die Produktion dieses Buches mitfinanziert haben, sind vorne im Impressum genannt. Ihnen allen bin ich aufs Dankbarste verbunden. Dominique Oppler vom Verlag LIBRUM Publishers, Korrektor Rainer Vollmar und Buchgestalterin Katja von Ruville schliesslich gebührt meine grosse Anerkennung für die professionelle Arbeit in der Druckvorstufe.

Das Manuskript wurde im April 2014 abgeschlossen, die Anregungen aus den Peer-Reviews bis September 2014 eingearbeitet und letzte Zitate im Januar 2017 aktualisiert.

Einleitung

«Der schönste Befund mit vielen wichtigen Funden in archäologisch gut dokumentiertem Zusammenhang ist uns aus *Augst* überliefert. Die lückenlose Produktionskette römischer Kleinbronzeobjekte ermöglicht es, uns mit den Rekonstruktionen sehr nahe an die archäologische Realität heranzuwagen.» An Walter Fasnachts¹ euphorischer Beurteilung des Potentials der Ausgrabungsbefunde, der Fundobjekte, den Datierungsmöglichkeiten und der Archäometrie in Augusta Raurica hat sich bis heute nichts geändert.

Archäologie, schriftliche Quellen und Archäometrie. Unser Thema lädt zu einer spannenden interdisziplinären Reise ein zu den Methoden der Altertumswissenschaften: von der Ausgrabung über die historischen Zeugnisse bis in die Laboratorien der Chemie und der Experimente. Die Grabungsbefunde römischer Bronzeworkstätten in Augst / Kaiseraugst sind reich, die Fundobjekte zum Metallhandwerk äusserst zahlreich und die methodischen Potentiale für ihre Interpretation schier unerschöpflich. Unter den antiken Autoren steuert Plinius der Ältere nüchtern und am ausführlichsten die meisten metalltechnischen Kenntnisse seiner Zeit (1. Jh. n. Chr.) bei; er ist aber oft vage und bisweilen unverständlich. Die spätantiken alchimistischen Papyri sind Zeitzeugnisse mit schier unerschöpflichen Details, auch wenn sie oft esoterisch (z. B. Gold herstellen) und geografisch weit von unserem Arbeitsgebiet entfernt sind². Die Archäometrie hat in den letzten zwanzig Jahren grosse Fortschritte gemacht und aufschlussreiche Untersuchungsmethoden entwickelt. Mit modernsten mobilen Analysegeräten sind auch grössere Messserien erschwinglich und unkomplizierter geworden. Und schliesslich ermutigt uns die Experimentelle Archäologie, unsere Interpretationen und Vermutungen zu antiken Metallverarbeitungstechniken und Gerätschaften auf ihre Plausibilität und Machbarkeit zu prüfen. Diese praktischen Versuche liefern zwar nie einen Beweis ihrer historischen Existenz, aber immerhin die Überprüfung, ob sich eine Technik oder ein Material in der handwerklichen Praxis eignet und dieselben Spuren hinterlässt, die wir an den Originalen beobachten, oder als Modellvorstellung definitiv ausgeschlossen werden kann³.

Bronze? Der Einfachheit halber spreche ich in diesem Buch – anstelle des korrekteren «Buntmetallhandwerks» – verallgemeinernd vom «Bronzehandwerk», auch wenn ausdrücklich von der Verarbeitung anderer Metalle wie zum Beispiel Silber oder Messing die Rede ist. Ich meine folglich mit Bronzehandwerk die Tätigkeit der Bearbeitung von Kupferlegierungen⁴ im weitesten Sinne, im angelsächsi-

schen Raum oft auch – und noch genereller – «non-ferrous metalworking» genannt.

Desiderat? Der bekannte Sigillata-Forscher Brian R. Hartley musste in einer seiner ersten Publikationen 1954 noch bedauern, «how little we know of Romano-British bronze-working»⁵. Rund ein halbes Jahrhundert später stellt Markus Gschwind fest: «Die Seltenheit von Objekten, die direkt mit der Bronzeverarbeitung in Verbindung zu bringen sind, ist nicht verwunderlich.»⁶ Die römischen Bronzehandwerker jedoch hinterliessen – im Gegensatz zu anderen Berufen wie zum Beispiel Zimmerleute, Köhler oder Maler – eigentlich relativ viele Spuren: Giessherde, Fehlgüsse und Halbfabrikate, Tiegelreste usw.⁷

Stiefkind? Der Grund, warum das Bronzehandwerk⁸ im Fundgut und in der Forschung schwach vertreten ist, liegt wohl einerseits an der Seltenheit dieses Handwerkszweigs und andererseits daran, dass die davon zeugenden Befunde und Funde ziemlich unattraktiv sind⁹. Hinzu kommt, dass die Werkstatteinrichtungen im archäologischen Befund nicht immer klar und eindeutig zutage treten. Justine Bay-

1 Fasnacht 1993, 243.

2 Zur Charakterisierung der uns besonders interessierenden Papyri (etwa Zosimos von Panopolis, P. Leidensis, P. Holmiensis) siehe v. Lippmann 1919, 1–12; 337 f.; Bugge 1929, 1–17; Stillman 1960, 78–84; Priesner / Figala 1998, 265 f.; 380 f.; Clarke 2013, 13 ff.

3 Eines der frühesten Beispiele von Experimenteller Archäologie mit Fragestellungen zur Bronzebearbeitung: Tischler 1882, 52 f.

4 Wie weit der Begriff *aes* in der römischen Antike verwendet wurde, zeigt eindrücklich die Zusammenstellung von Plinius-Zitaten bei Hammer 2000. E. d'Hubert (1904, 90) meint sogar: «On peut donc dire qu'en général, un bronze est un alliage ternaire cuivre-étain-zinc.»

5 Hartley 1954, 11. – Inzwischen sind einige Aufsätze publiziert, die einen knappen Überblick über die Einrichtungen, Techniken und Produkte antiker Bronzehandwerker geben, zum Beispiel Bayley 1988; Rabeisen / Rebourg 1989; Urban 1993, 21–27; Bayley 2001, 69–77; Andrieux 2003; Pernot 2011, 101–118 bes. 101–110; Deschler-Erb 2012.

6 Gschwind 1997, 607, mit der Einschränkung Anm. 2 «Werkzeuge fallen als Nachweis aus, da sie auch in anderen Handwerkszweigen verwendet wurden.»

7 Eine kurze Charakterisierung römerzeitlicher giessereispezifischer Funde und Prozesse bietet Hudeczek 1988, 341–343.

8 Zum Spannungsfeld zwischen Archäologie und Archäometrie des Metallhandwerks siehe die methodische Einleitung von Northover 1985.

9 Daher bemerken Allason-Jones / Dungworth 1997, 321, zu Recht: «... even the most unpromising fragments of metal or clay found on a site can provide useful evidence for activity on that site ...»

ley stellte hierzu fest: «It is rare for buildings used as metal workshops to be positively identified in the course of excavations ...»¹⁰ Dass in manchen Publikationen zwar die «vielen Schmelztiegelreste» erwähnt, aber nicht oder nur schlecht abgebildet sind, erinnert einen an die Tierknochenfunde aus Ausgrabungen, die ebenfalls lange Jahre unattraktive Stiefkinder der Forschung waren, deren Aussagegehalt erst bewiesen werden musste.

Fragestellungen? Was können wir aus dem Fundgut zur Wirtschaftsgeschichte herleiten?¹¹ Was entsprach in der Metallbearbeitung dem zeitgenössischen Wissen um Materialien und Techniken, was war Intuition, neue Innovation oder schlicht und einfach das Ergebnis einer grandiosen Beherrschung des Handwerks mit einfachsten Einrichtungen? «Principalement pour les techniques anciennes, le *tour de main* joue souvent le rôle le plus important», meinte dazu Aimé Thouvenin¹² und schwenkte damit den Fokus unserer Betrachtung vom vorhandenen theoretischen Wissen zu den erworbenen praktischen Erfahrungen. Es soll in dieser Arbeit versucht werden, den «state of the art» des römischen Bronzehandwerks zu charakterisieren und aufzuzeigen, was von den vorangehenden keltischen oder italischen Spezialisten übernommen wurde und was echte «römische Innovationen» waren.

Technische, refraktäre Keramik? Frühe Metallhandwerker waren Meister in der Nutzung von *Lehm* für die verschiedensten Geräte, Halterungen, Abdichtungen, Hilfskonstruktionen und Einrichtungen. Eine Giesserei, in der Formen gebaut, Tiegel verwendet und Öfen errichtet werden und wo oft starke Hitze einwirkt, hinterlässt eine grosse Palette von *Lehmresten*. Diese können ungebrannt sein oder allerlei Spuren von Hitzeeinwirkung – von rötlich/weich bis verziegelt/verschlackt – aufweisen. Da derartige handwerkliche Nebenprodukte unattraktiv und typologisch meist nicht ansprechbar sind, erfahren sie bei Ausgrabungen geringe Wertschätzung und werden – wenn überhaupt – nur selektiv geborgen und inventarisiert¹³. Erst jüngere Untersuchungen zeigten, wie gerade solche Reste bei genauerer Begutachtung, Analyse und Interpretation viel zum Verständnis der alten Techniken und Arbeitsprozesse beitragen können.

Zahlen! Die mit diesem Band über die Tiegel gestartete Vorlage der archäologischen Reste der Buntmetallverarbeitung in Augusta Raurica basiert auf einem erfreulich reichen Material, das in diesem Umfang bisher von keiner anderen antiken Fundstelle vorgelegt wurde. Aus den Fundjahren 1900–2012 werden im Museum Augusta Raurica zum Beispiel 38 789 «Bronze»-Objekte, 1395 Bleiobjekte, 4335 kleinformatige Steinartefakte und 8215 «Erdproben» aufbewahrt (der Gesamtbestand betrug per Ende 2012 rund 1,7 Mio. Inventarnummern). Unter den 8256 «Tiegel und Schlacken» wurden 893 Schmelztiegel für Metall erkannt

und für die vorliegende Studie herausgesucht und beschrieben (Katalogummern **T1** bis **T893**, Taf. 1–30). Unter den 7273 Schlacken dominieren bei Weitem die Eisenschlacken (zumeist von Schmieden), während nur 237 Schlacken des Buntmetallgewerbes erkannt werden konnten.

10 Bayley 1993, 137.

11 Grundlegend zur Fragestellung auch Tite u. a. 1985, 50.

12 Thouvenin 1970, 107.

13 Ich danke Michel Pernot und Stefan Reuter dafür, dass sie mir die vielfältigen Lehmobjekte aus den römischen Giesserwerkstätten von Bordeaux / F resp. Regensburg / D gezeigt haben.

Forschungsgeschichte zum Metallhandwerk in Augusta Raurica

Die Erforschung der Technikgeschichte

Die Geschichte des frühen Handwerks und der Technik war lange Zeit ein wenig beachtetes und hinterfragtes Thema in der Archäologie. Am ehesten noch genossen die *Steinzeit-Technologie* und die im frühen 20. Jahrhundert eng damit verknüpften Vergleiche mit ethnologischen Parallelerscheinungen aus der (damaligen) Gegenwart eine gewisse Aufmerksamkeit in jener noch frühen Phase der Archäologie¹⁴.

Die *Technikgeschichte der Antike* fand ursprünglich kaum in Einzeluntersuchungen, sondern vor allem in lexikalischen Werken ihren Niederschlag, in denen Enzyklopädisten grosse Sammlungen vor allem schriftlicher, historischer Quellen anlegten, auf die wir heute noch gerne zurückgreifen¹⁵. Bezüglich der frühen *Archäometallurgie* profilierten sich vor allem Chemiker ab dem 19. Jahrhundert als Wegbereiter, während schon ebenso früh einige Geologen als erste die Archäometrie von antikem *Bergbau*, Erzausbeutung und -verhüttung betrieben¹⁶. Gerade die Technik der Metallverarbeitung «bei den Griechen und Römern» fand in jenen Werken eine grosse Beachtung, lange bevor man gezielt Werkstattreste ausgrub¹⁷, Replikate archäologischer Fundgegenstände mit möglichst authentischen Materialien und Techniken herzustellen begann oder gar diese Prozesse und Rahmenbedingungen in der «Experimentellen Archäologie» wissenschaftlich nachzuvollziehen versuchte¹⁸.

Es ist daher kein Wunder, dass auch in Augusta Raurica die Erforschung des römischen Bronzehandwerks sehr zögerlich begann und erst in jüngerer Zeit intensiver verfolgt wurde.

Die wohl früheste Metallanalyse eines Augster Fundstückes wurde allerdings bereits 1860 durchgeführt. Es ging um ein Inschriftblech mit einer Votiv-Weiheung an «DEO INVICTO | TYPVM AVROCHALCINVM | SOLIS» (etwa: «dem unbesiegbaren Gott ein messingenes Bild des Sol»), das Ende des 18. Jahrhunderts in Augst von einem Landmann erworben worden war¹⁹. Es erweckte beim ersten Bearbeiter, Ludwig Rudolf von Fellenberg²⁰, das Bedürfnis einer Metallanalyse, weil der antike Text auf ein Bildnis aus Messing hinwies. Im Chemielabor an seinem ehemaligen Lehrstuhl an der Universität Bern untersuchte er eine «kleine Probe» von 1,64 Gramm «blank geschabte Stücke». Die Analyse bestätigte, dass nicht nur das erwähnte (nicht erhaltene) Bildnis, sondern auch das dazugehörige 22,5 cm breite Votiv-Inschriftblech aus Messing bestand: Analysiert wurden – damals natürlich nass-chemisch – 85,96% Kupfer, 10,61% Zink, 2,40% Zinn und 1,03% Eisen²¹. Zur Herstellungstechnik des Votivblechs machte von Fellenberg jedoch keine Angaben.

Das 20. Jahrhundert

1915 publizierte Theophil Burckhardt-Biedermann – nicht als erster – fünf kleine Gussförmchen für Münzen: fünf Formhälften aus Metall bislang unbekannter Zusammensetzung und zwei aus rot oder braun gebranntem Ton. Die Metallförmchen waren bereits 1761 in der Insula 24 zum Vorschein gekommen²². Burckhardt-Biedermann war sich der Zusammensetzung der schweren Förmchen jedoch nicht sicher und übergab kurz vor 1915 drei davon zur Untersuchung einem Chemiker, ehe er berichtete: «Herr Prof. Dr. Fichter hatte die Güte, die eine Gussform des Geta und die beiden des Alexander Severus chemisch zu untersuchen. Zuerst bestimmte er das spezifische Gewicht der Stücke, dann verschaffte er sich durch Anbohrung derselben von der Seite die Möglichkeit, die Bestandteile des Innern zu analysieren, da das Äussere, namentlich der Getaform, durch Eindringen erdiger Bestandteile und Oxidation verändert war.» Die Ergebnisse waren eindeutig und ergaben hohe Bleikonzentrationen mit 6,35% und 0,76 Zinn. Ohne sich der möglichen Beeinträchtigung einer Oberflächenprobe bewusst zu sein, wählten Burckhardt-Biedermann und Fischer schon damals das heute wieder geschätzte Beiproben des Objektkerns «durch *Anbohrung* ... des Innern»!

Der gelehrte Schlosser, grosse Praktiker und Technikgeschichtler *Alfred Mutz* hat in den 1950er- und 1960er-Jahren viele römische Metallobjekte – auch solche aus Augusta Raurica – auf ihre Herstellung hin untersucht und für das Augster Römerhaus – meist in antiker Technik – rekonst-

14 Vgl. aus der umfassenden Literatur zur Urgeschichte im völkerkundlichen Vergleich einige rassistisch, euphorisch wissenschaftlich, aber auch methodenkritisch angehauchte Beispiele aus der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts: Hauser 1921; Schmidt 1942; Vogt 1947; Eggers 1950. – Aus dem schweizerisch-volkskundlichen Bereich Rüttimeyer 1924.

15 Blümner 1885; Blümner 1887; Feldhaus 1914; Neuburger 1921.

16 Rehren / Pernicka 2008, 240 f. (mit ausführlicher Bibliographie).

17 Ein beachtenswerte Ausnahme: Kluge 1927!

18 Zu unserem Thema sehr aufschlussreich die experimental-archäologischen Arbeiten von Drescher 1978.

19 Zuletzt Furger 1995, 168 Abb. 26 Anm. 152–155 (mit älterer Lit.).

20 Würdigung von Fellenbergs als einen der frühesten Archäometer: Ruthenberg 1985, 193.

21 von Fellenberg 1860, 74 f.

22 Burckhardt-Biedermann 1915. – Das Thema wieder aufgreifend: Doppler 1965; Doppler 1966; Martin 1982 (mit älterer Lit., neuer Analyse und Rekonstruktion; M. Martin bezeichnet diese als «Vor-Formen»); Peter 1990, 78 Anm. 13; Peter 2001, 240 Anm. 803.

ruiert²³. Unter seinen Arbeiten besonders hervorzuheben ist der kurze Aufsatz von 1962 über den ein Jahr zuvor entdeckten und in seiner Bedeutung für die Technik der Grossbronzenherstellung richtig erkannten «Schrottfund»²⁴ sowie seine Monographie von 1972 über die Drehtechnik in der Antike²⁵. Der Schwerpunkt der zahlreichen Arbeiten von A. Mutz lag bei der technischen Analyse von Objekten und weniger bei der Untersuchung lokaler Metallproduktion in Augusta Raurica.

Wohl von Alfred Mutz inspiriert, hat Ruth Steiger 1967 eine kleine marmorne *Gussform für einen Löffel* vorgelegt²⁶, und 1970 berichtete Rudolf Laur-Belart in der Hauszeitschrift der Metallwerke AG Dornach/SO (heute Swissmetal) über *Bronzegiesser-Werkstätten* in den Insulae 30 und 31. Das Thema war anscheinend aktuell, denn sein Nachfolger am Römermuseum Augst, Max Martin, hat acht Jahre später einen Aufsatz zum selben Thema vorgelegt, in dem schwerpunktmässig zahlreiche *Werkstattabfälle und Halbfabrikate* aus Augusta Raurica vorgelegt wurden²⁷.

Max Martin, bis 1983 Leiter des Römermuseums und Begründer der Monographie-Reihe «Forschungen in Augst», hatte zudem dazu beigetragen, dass archäologisch-typologische Objektbearbeitungen durch *naturwissenschaftliche Untersuchungen* zu Material und Herstellungstechnik begleitet wurden. So findet sich in der ersten Augster Fibel-Monographie von Emilie Riha (1979) ein chemisch-technologischer Beitrag von Rudolf Fichter und Chrysta Hochhaus²⁸. Zwei archäometrische Untersuchungen von Willem B. Stern, damals Leiter der analytischen Geochemie am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Basel, ergänzten weitere Monographien derselben Archäologin mit Oberflächen-Röntgenfluoreszenzanalysen (RFA resp. engl. XRF), nämlich an den Löffeln (1982) und an den Spiegelfragmenten (1986)²⁹.

In den Jahren bis 1984 untersuchte *Urs Naef*, Doktorand bei W.B. Stern an der Universität Basel, die 186 Silbermünzen und -medaillons des Kaiseraugster Silberschatzes, ebenfalls mit XRF. In diesem Fall waren zerstörungsfreie Oberflächenanalysen gerechtfertigt (s. unten), denn einerseits dürfen solche Münzen nicht angebohrt werden und andererseits war nicht mit grossen Korrosionsveränderungen an den perfekt erhaltenen Edelmetalloberflächen zu rechnen. Naefs Resultate sind aufschlussreich und eindrucklich, wurden aber leider in der Forschung kaum aufgenommen: Er konnte mit Hilfe verschiedener Spurenelemente Münzgruppen bilden, die charakteristisch sind einerseits für Silberlagerstätten im Westen resp. im Osten des Imperium Romanum, andererseits für verschiedene Kupellationsverfahren (zum Abtreiben des Bleis). Diese chemisch definierten Münzgruppen korrelieren exemplarisch gut mit den auf den Münzen vermerkten antiken Prägestätten³⁰!

Die vor allem durch *Willem B. Stern* in Basel vorgenommenen *Oberflächen-Röntgenfluoreszenzanalysen* (XRF) an unedlen, korrodierten Metallobjekten repräsentierten

zu unserer Verwirrung eher die Korrosionsschichten als die Legierungen, die der antike Giesser einst «in seinem Tiegel» hatte. Darauf haben – erst 1994 – die Archäologin Annemarie Kaufmann-Heinimann und der Restaurator Detlef Liebel in einem grundlegenden Aufsatz über Legierungen figürlicher Bronzen hingewiesen³¹. Sie konnten von 27 Statuetten aus Augusta Raurica sowohl Oberflächen-XRF als auch *Atomabsorptions-Spektralanalysen* (AAS) von 1-mm-Bohrungen, d. h. aus dem Innern der Objekte, vergleichen. Es zeigte sich dabei, dass die pXRF-Werte der Oberflächen von den AAS-Werten im Kern derselben Gussstücke z. T. sehr erheblich voneinander abweichen, je nachdem wie stark die Metalloberfläche im Boden korrodiert ist und sich oberflächlich gewisse Elemente angereichert resp. verringert haben³². Seither werden in Augusta Raurica zur Beantwortung von Fragen zur antiken Metallurgie keine Oberflächenanalysen mehr durchgeführt³³.

Die 1990er-Jahre brachten für Augusta Raurica wichtige Anregungen zur Bronze-Technologie und der Analytik in zweierlei Hinsicht: Einerseits unterstützte *Josef Riederer*, damals Leiter des Rathgen-Forschungslabors der Staatlichen Museen zu Berlin/D, die Augster Forschung

23 Siehe die Würdigung in Furger 2011, 35f. Abb. 4 (Version mit Quellen und Fussnoten: http://www.augustaurica.ch/docs/kultur/augustaurica/publ/hauszeit/sondernummer_2011_klein.pdf: 52–54 bes. Anm. 111–116 [Bibliographie zu Mutz' Arbeiten über Augster Funde und Replikat]).

24 Mutz 1962. – Zur Inangriffnahme des grossen, mehrjährigen «Schrottfund-Projekts» van den Bergh 1988; Oxé 1990, 22–23. – Schlusspublikationen: Janietz Schwarz 1994; Janietz Schwarz/Rouiller 1996; Janietz 2000B. – Zu Gusskernanalysen am Augster Schrottfunde jetzt auch Helfert/Furger 2017, 180–182 Abb. 9–11.

25 Mutz 1972.

26 Steiger 1967.

27 Laur-Belart 1970; Martin 1978.

28 Fichter/Hochhaus 1979.

29 Stern 1982; Stern 1986.

30 Naef 1984, bes. 119–128.

31 Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994. Die AAS-Analysen führte Josef Riederer im Rathgen-Forschungslabor in Berlin durch.

32 Dieser Prozess liess sich auch 2009 mit Linienscans an Oberflächen von Siegelkapseln nachweisen: Hunger u. a. 2009, 189f. Taf. 18–41.

33 Die Zuverlässigkeit der Analysewerte von Bohrproben liegt nicht an der Methode der Messung (z. B. AAS), sondern an der *Beprobung* mit einem gewissen Materialvolumen (= repräsentativer «Querschnitt» einer allenfalls etwas inhomogenen Legierung) aus dem Kern des Objekts. Ein Vergleich von AAS-Bohrproben-Analysen (durchgeführt im Rathgen-Forschungslabor in Berlin) mit EDXRF/XRF-Bohrproben-Analysen (durchgeführt im Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie CEZ in Mannheim) an denselben Gussteilstücken vom «Schrottfund» aus Augst, Insula 28, ergab keine nennenswerten Unterschiede (Schwab/Pernicka/Furger 2011, bes. 225 ff. Tabelle 2). – Zur massiven Anreicherung von Zinn und Blei in der Patina jetzt auch Orfanou/Rehren 2014 bes. Tab. 4. Die Legierungsbeprobung durch feine Bohrungen zur Vermeidung von Verfälschungen durch die Patina hat sich inzwischen etabliert, u. v. a. auch Dungworth 1996, 231 Anm. 10.

mit Hunderten von AAS-Analysen von Bohrproben aus Statuetten (1994), Halbfabrikaten und Fehlgüssen (1995), dem «Schrottfund» (1996, 2000) und anderen Grossbronzeteilen (2000) sowie aus den Verkleidungsplatten von Statuensockeln (2000)³⁴. Andererseits hatte *Bettina Janietz* in den Jahren zwischen 1991 und 2000 mehrere verdienstvolle, zum Teil sogar methodisch wegbereitende Arbeiten zu Grossbronzen und anderen Metallfunden aus Augusta Raurica vorgelegt³⁵.

Die Übersicht von 1995

Unter dem Titel «*Aes und aurichalcum*» erschien 1995 eine umfassende Arbeit über «empirische Beurteilungskriterien für Kupferlegierungen und metallanalytische Untersuchungen an Halbfabrikaten und Abfällen aus metallverarbeitenden Werkstätten in Augusta Raurica»³⁶. Die Studie besteht aus mehreren Teilen: Alle damals greifbaren *Buntmetall-Halbfabrikate und -abfallstücke* aus Augusta Raurica sind in einem Katalog beschrieben. In über 100 Analysen ist ihre *Zusammensetzung* erkennbar geworden. Überraschend viele «Bronzen» erwiesen sich als Messinge. Sieben charakteristische Bronzen und zwei Messinge wurden nachgelegt und zahlreichen einfachen Experimenten unterzogen. Darin wurden Unterschiede der einzelnen Legierungen in ihren *Bearbeitungseigenschaften* deutlich, die wohl auch von den antiken Metallhandwerkern zur Materialprüfung herangezogen worden waren. Ein metallurgisches Kapitel (von J. Riederer) beleuchtet die verschiedenen *Legierungstypen und Spurenelemente* der Werkstattabfälle und der Halbfabrikate aus Augusta Raurica³⁷. Exkurse in diesem grossen Aufsatz von 1995 haben *antike Quellen* zur Buntmetallverarbeitung, insbesondere bei Plinius, und die *Wertschätzung der verschiedenen Metalle* in der römischen Antike zum Inhalt. In einem Schlusskapitel wird nochmals resümiert, wie – mit antiken Methoden – sich Bronzen und Messinge, Blei- und andere Anteile sowie die einzelnen Legierungen praktisch *erkennen und unterscheiden* lassen.

Der Übergang vom 20. zum 21. Jahrhundert

1998 publizierte *Annemarie Kaufmann-Heinimann* ihr grosses Synthesewerk zu den *figürlichen Bronzen aus Kult- resp. Larariums-Kontexten* in Augusta Raurica und im ganzen römischen Imperium³⁸. Im Abschnitt über die Herstellungstechnik werden u. a. Fragen zum Zusammenbau von Wachsmodellen aus einzelnen, separat abgeformten Teilstücken behandelt und Aspekte einer Massenproduktion erörtert. Im folgenden Kapitel über mögliche Werkstätten werden mit Hilfe zahlreicher zusammengetragener Parallelen *Werkstattkreise* eingegrenzt. Das gelingt der Autorin

überzeugend mit einigen charakteristischen Kasserollen- und Eimerattaschen, sechskantigen Statuettensockeln, Delphin-Kastenhenkeln, mit Tierchen verzierten Reibstäbchen und Haarnadeln, Messergriffen mit figürlichem Aufsatz, Schlüsselgriffen mit Hundeprotomen sowie mit gewissen Gruppen ganz spezifisch ausgeformter Götterstatuetten (Succellus, Jupiter, Merkur, Vulkan, Minerva). Diese formal und technologisch definierten Objektgruppen mit zum Teil frappierend «identischen» Objekten aus verschiedenen Fundorten erlauben eine Eingrenzung von Werkstätten oder eben «Werkstattkreisen», jedoch ohne dass solche mit archäologischen Befunden von Giessereien und Bronzeschmieden oder gar mit Methoden der Archäometrie sicher nachzuweisen wären.

Auch auf den *Ausgrabungen in Augst und Kaiseraugst* ist das Bewusstsein für Installationen der Metallverarbeitung (und das Finderglück!) in den letzten Jahren grösser geworden. Drei Beispiele erscheinen mir hier hervorhebenswert: die im Vorgelände des Dritten Theaters entdeckten Baustelleneinrichtungen, u. a. mit einer Schmiede³⁹, gut dokumentierte Spuren einer frühen Bronzewerkstätte in der Region 8C (Regionenplan: Abb. 30)⁴⁰ und eine weitere, gut erhaltene Schmiedeesse an einem Strassenrand im vorkastellzeitlichen Kaiseraugst⁴¹.

In jüngster Zeit (Publikation 2009) erfolgte eine interdisziplinäre Untersuchung der römischen *Siegelkapseln* aus Augusta Raurica. *Maya Wartmann* widmete sich u. a. der Interpretation der erkennbaren Herstellungs- und Bearbeitungsspuren und ein Naturwissenschaftlerteam der Schweizerischen Nationalmuseen untersuchte Legierungen, Korrosionserscheinungen und den Wachsinhalt der

34 Riederer 1995; Riederer 1996; Riederer 2000A; Riederer 2000B.

35 Janietz Schwarz 1991; Janietz Schwarz 1994; Janietz Schwarz / Rouiller 1996; Janietz 2000A; Janietz 2000B.

36 Furger 1995 (mit Riederer 1995) sowie die beiden Exkurse Furger 1998A und Furger 1998B.

37 Bei den Analysen ergaben sich drei Überraschungen: ein in römischer Zeit umgeschmiedetes prähistorisches Kupfer mit viel Arsen und Antimon (Inv. 1966.1163), eine in Region 9D zum Vorschein gekommene Rechteckplatte (Inv. 1984.21212), die vermutlich aus Teilen des «Schrottfundes» von Insula 28 herausgeschrotet worden war, und eine missratene Statuette des Pan (Inv. 1990.69. C05341.1), deren Gusspeise allem Anschein nach ebenfalls aus Teilen des «Schrottfundes» genommen wurde (Analysen s. Riederer 1995, Tab. 14).

38 Kaufmann-Heinimann 1998 (S. 16–20: Herstellungstechnik; 21–51: Werkstätten [bes. Abb. 3–25]).

39 Horisberger / Hufschmid 1995, 100f. Abb. 14–16; Hufschmid 1998, 99 Anm. 14; Abb. 11; 12. – Siehe auch den kurzen Abriss mit einem Rekonstruktionsschnitt durch die Schmiedeesse: <http://www.augustaurica.ch/theater/archaeologie.htm#frametop> (10.06.2011).

40 Vorbericht Rychener / Sütterlin / Schaub 2002, 52 Abb. 3,1; 6.

41 Grezet 2010, 148 ff. Abb. 4; 7; 8.

Kapseln⁴². Ein antiker «Nachguss» einer Siegelkapsel (Kat.-Nr. 88) wird von den Autoren besonders hervorgehoben, weil er aufgrund herstellungstechnischer Details belegt, dass er von einer anderen Kapsel abgeformt und nachgegossen wurde, also gewissermassen ein «Werkstattplagiat» darstellt, wie wir es z. B. von römischen Tonlampen oder bronzenen Thekenbeschlägen kennen. Die Tatsache, dass fertige Bronzeobjekte von anderen Werkstätten abgeformt und nachgemacht wurden, erschwert natürlich die geographische Eingrenzung von Werkstattkreisen.

Parallel zu den Vorarbeiten an den Siegelkapseln ergab sich 2003 / 2004 im Rahmen einer Dissertation von *Barbara Guénette-Beck* die Möglichkeit, 30 *Bleiobjekte* aus Augusta Raurica nach definierten Kriterien auszusuchen, zu beproben und mittels Isotopenanalysen abzuklären, aus welchen antik genutzten Erzlagerstätten das Metall stammt⁴³. Überraschend war das Ergebnis, dass die ganze Stichprobe ausschliesslich aus nördlichen Lagerstätten (England, Norddeutschland, z.T. Wallis) und nicht von der iberischen Halbinsel und nicht aus dem Mittelmeerraum stammt! Wenige Jahre später, 2009–2011, konnten mit derselben Analysemethode die Bleiisotopen im Augster «Schrottfund» durch *Boaz Paz, Roland Schwab und Ernst Pernicka* am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim/D untersucht werden⁴⁴. Wiederum erwiesen sich die bekannten Regionen als Herkunftsorte des mitlegierten Bleis in den lebens- und überlebensgrossen Statuen und kaiserlichen Reiterstandbildern: einerseits die Nordeifel und andererseits der Taunus oder der Harz.

Als «Nebenprodukte» des Tiegelpjektes wurden durch *Markus Helfert* auch zwei Fundserien mit dem Niton-XRF-Handanalyzer analysiert: einerseits die 1962 *en bloc* geborgene *Schmelzgrube aus Insula 30*⁴⁵ und andererseits *Gusskernreste im Innern von Grossbronzen-Fragmenten aus dem «Schrottfund»* von Insula 28 und aus einem kleinen Depot in Insula 27. Im ersten Fall konnten überall in der Schmelzgrube und auch aussen herum sigifikant erhöhte Spuren von Zink, Blei, Kupfer und Zinn nachgewiesen werden, die sich im Lehm Boden und in den Konstruktionsziegeln der Grube erhalten haben. Im zweiten Fall ergaben die Lehmanalysen mit Hilfe der Spurenelemente – trotz starker Kontamination mit Metallen – zwei Gruppen: Die Lehmkerne im «Schrottfund» gehören zu keiner der bisher aus Augusta Raurica und Umgebung bekannten Referenzgruppe (dazu unten S. 149 ff.), weshalb wahrscheinlich ist, dass die Pferdestatuen *nicht* in der Region gegossen worden sind. Die Gusskernreste aus Insula 27 hingegen unterscheiden sich von jenen des «Schrottfunds» sehr deutlich und könnten regionalen Ursprungs sein, wonach diese Statuen wahrscheinlich in Augusta Raurica gegossen worden sind⁴⁶.

42 M. Wartmann / A.R. Furger in Furger/Wartmann/Riha 2009, 97–113 (Kat.-Nr. 88: 102 f. Abb. 71,88 Taf. 11,88) sowie Hunger u. a. 1990.

43 B. Guénette-Beck / A. R. Furger (unter Mitarb. v. I. M. Villa), Blei für Augusta Raurica. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 25, 2004, 245–272.

44 Schwab/Pernicka/Furger 2011.

45 Martin 1978, 117 f. Abb. 20; Furger 1998A, 128 Abb. 11; Helfert / Furger 2017, 179–181 Abb. 6–8.

46 Helfert / Furger 2017, 180–182 Abb. 10 und 11.

Materialbasis und Methodik

Die Fundbestände von Augusta Raurica zu metallhandwerklichen Tätigkeiten

Für die vorliegende Arbeit sind die Grabungs- resp. Fundjahre in Augst/BL und Kaiseraugst/AG bis 2012 berücksichtigt worden. Diese erbrachten 1,7 Millionen Inventarnummern. Davon sind folgende Tiegelbestände des Museums Augusta Raurica gesichtet worden: Gesamtbestand 983 Inventarnummern, die der Buntmetallverarbeitung zugewiesen werden können (Schmelztiegel für Kupferlegierungen) und in den Katalog aufgenommen worden sind. Nebst den Tiegeln (Katalognummern **T001–T874** und **T884–T893**) werden hier neun Tiegeldeckel **T875–T883** und vier Reguli **T894–T897** vorgelegt (Taf. 1–30).

Zur generellen Erforschung des Themas «Buntmetallverarbeitung in Augusta Raurica» stünden zusätzlich zur Verfügung:

- **Bronzen:** Gesamtbestand 38789 Inventarnummern, davon rund 1,5% zur Buntmetallverarbeitung gehörig (Fehlgüsse, Halbfabrikate, Abschnitte, Werkstattabfälle usw.). Geschätzte Bronzebelege: ca. 500 Objekte.
- **Schlacken:** Gesamtbestand 7273 Inventarnummern, davon 237 (3,26%) zur Buntmetallverarbeitung gehörig.
- **Steine «klein»:** Gesamtbestand 4335 Inventarnummern (inkl. 1077 Lave- und 98 Silexobjekte), davon zur Buntmetallverarbeitung gehörig: 22 Gussformen, Mineralien usw. (0,51%) sowie 185 Schleifsteine (aus Grabungen mit Spuren von Bronzehandwerk; 4,27%).
- **Ton und Lehm:** Gesamtbestand 1374 Inventarnummern, davon zur Buntmetallverarbeitung gehörig (Gussformen): 17 Objekte (1,24%).
- **Erdproben:** Gesamtbestand 8215 Inventarnummern (nicht einzeln gesichtet). Es ist nicht bekannt, wie viele Materialproben auf den Ausgrabungen genommen und wie viele Werkstattbodensedimente beprobt worden sind.
- **Blei:** Gesamtbestand 1395 Inventarnummern (nicht einzeln gesichtet). Auswahl aufgrund der Fundsituation zur Buntmetallverarbeitung unbekannt. Bleimodelle aus Augusta Raurica für den Guss von Kleinteilen sind bisher nicht bekannt.

Beprobung und Materialanalyse

Vorgehen

Zur optisch-typologischen Materialanalyse ist lediglich festzuhalten, dass der Grossteil der Tiegel aus Augusta Raurica formal äusserst einheitlich ist und als «Normaltyp» bezeichnet wird (Taf. 1–24). Die wenigen Ausnahmen (Taf. 25–30) werden einzeln beschrieben und in keine Typologie gezwängt⁴⁷.

Zahlreiche Tiegel, Bronzeschlacken und metallene Werkstattbelege haben wir mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht. In den meisten Fällen kam dabei ein Niton-XRF-Handanalyzer zum Einsatz (P-ED-RFA, engl. pXRF), der handlich, schnell, präzise, mobil und einigermaßen erschwinglich ist (siehe Markus Helferts Beitrag im folgenden Absatz)⁴⁸.

Je nach Fragestellung kamen verschiedene Modi des Handanalyzers zur Anwendung. Für *Tonuntersuchungen* (Spurenelemente) wurden wann immer möglich frische Brüche im *Mining*-Modus gemessen. Dies verhindert Verfälschungen durch Brand- und Bodeneinwirkung, und die extra lange Messzeit erlaubt die Analyse auch der leichteren Elemente, die zur Charakterisierung der Tongruppe und zur allfälligen Lokalisierung des Tons entscheidend sind.

Eine grössere Zahl *fraglicher Funde*, deren Zusammenhang mit dem Bronzehandwerk nicht immer erkennbar war, wurde im *Soil*-Modus gemessen. Dieser detektiert sämtliche für uns relevanten Metalle und die wichtigsten Elemente der Tonmineralien. Mit diesem Vorgehen war es möglich, gewisse Schlacken, verbrannte Lehme usw. auszuschiessen, weil sie keinerlei Bezug zum Buntmetallhandwerk vorweisen.

Ebenfalls im *Soil*-Modus wurden die äusseren schützenden *Lutum-Schichten* mehrerer Tiegel gemessen.

Desweiteren haben wir als grüne Flecken oder Konglomerate erkennbare «*Metalloberflächen*» untersucht. Hier kamen sowohl der *Soil*- als auch der «*Alloy*»-Modus zum Einsatz. Geht die Fragestellung Richtung vorhandene Legierung, spielen uns die an den Objektoberflächen ausge-

47 Elisabeth Rabeisen (2013, bes. 44) hat unlängst angeregt, alle Zeugnisse aus Buntmetallgiessereien mit einem normierten «protocole d'étude» zu erfassen.

48 Ich danke auch an dieser Stelle Hans-Markus von Kaenel und Markus Helfert (Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Frankfurt/D) für die grosszügige und kollegiale Unterstützung meines Projektes mit dem Frankfurter Handheld-Analyzer.

prägen Korrosionsprodukte resp. die Patina einen trügerischen Streich: Die einzelnen Metalle sind nie repräsentativ, sondern durch Oxidations- und Lösungsprozesse über- oder untervertreten. Auf diese Weise erlangen wir also nur qualitative Hinweise zu den Legierungspartnern⁴⁹. Diese Werte dürfen daher auch nicht 1:1 mit den Analysen von metallischen Proben verglichen werden.

Die eigentlichen *Metalluntersuchungen* erfolgten in der Regel ebenfalls mit dem Niton-XRF-Handanalyzer im «Alloy»-Modus. Gemessen wurde hier nicht die patinierte Objektoberfläche, sondern kleine *Bohrproben* aus dem Innern der Stücke. Hierfür wurde zuerst eine ca. 1–2 mm kleine Fläche auf den Bronzeobjekten, Metalltropfen, Guss-spritzern usw. mit einem Minifräser angeschliffen. Dies hilft, wie das Ankörnern, dass der feine Bohrer greift und nicht abrutscht. Zusätzlich geraten so auch keine Patinareste in die Probe. Wenn es das Metallobjekt zulies, wurden Proben mit dem 1- oder 1,5-mm-Bohrer an einer weniger wichtigen Stelle gebohrt. Für die pXRF-Elementmessung (Fragestellung: Legierung) erbringt eine Bohrtiefe von rund 3 mm genügend Material; für eine Bleisotopenuntersuchung (Fragestellung: Herkunft) wären 10 mm Eindringtiefe erwünscht⁵⁰. Die Bohrspäne wurden für die Legierungsmessungen in kleine Minigrip-Plastiktütchen gepackt und durch diese hindurch mit dem pXRF-Gerät gemessen⁵¹. Die schon früher unternommenen Metallanalysen an Zeugnissen des Augster Bronzehandwerks sind ebenfalls mit Bohrproben erfolgt, jedoch mit der Atomabsorptionsmethode untersucht worden⁵².

Analysebasis

Sämtliche Analyse- resp. Bohrstellen an Tiegeln, Schlacken, Gussformen, Probiersteinen, Fehlgüssen usw. wurden fotografisch mit Inventarnummer und Hinweis-pfeil auf die entsprechende Interventionsstelle dokumentiert.

Zum Zeitpunkt des Manuskriptabschlusses hat Markus Helfert folgende Analysen mit dem pXRF-Gerät der Universität Frankfurt durchgeführt:

Anz.	Objekte	Tabelle
421	Tiegelton und <i>Lutum</i> ⁵³	1
55	Metallreste an Tiegeln	2
301	Tonvergleichsproben	3
77	Experiment 3: Hilfsstoffe	7
66	Experiment 3: <i>Lutum</i>	4
125	Experimente 4–12: Tiegel	5
40	Experimente 7–10: Metalle	6
134	Giessereifunde Metallreste	(unpubl.)
90	Giessereifunde Schlacken	(unpubl.)
114	Giessereifunde varia (Gussformen usw.)	(unpubl.)
1423	Gesamtzahl pXRF-Analysen (Stand 2014)	

Fazit der pXRF-Untersuchungen

Bei allen Analysen haben wir im Hinblick auf Metallnachweise immer wieder diesselben beiden Erfahrungen gemacht: Zum Einen die allbekannte *Dominanz des Zinks* infolge seiner starken Verdampfung, wo immer er auch vorhanden war. Für metallurgische Fragestellungen zur Legierung sind nur Messungen im «Alloy»-Modus an blanken Metallproben (z. B. Bohrspänen) zuverlässig. Die *Nachweisbarkeit* resp. die Menge der metallischen Hauptkomponenten nimmt folgendermassen ab: Zink (gut nachweisbar, wenn vorhanden) → Blei → Kupfer → Zinn (meist nur noch in Spuren vorhanden). *Metallspuren* wie solche von Silber, Gold, Arsen, Quecksilber usw. sind sehr gut zu messen.

Zum Anderen hängt die Nachweisbarkeit der uns interessierenden Metalle, die während antiker Verarbeitungsprozesse an Tiegeln, Gussformen und anderem Gerät kontaminiert worden sind, sehr vom *Grundmaterial* ab: Glücklicherweise sind solche Spuren auf Tiegelfragmenten, Schlacken und Ziegeln sehr gut erhalten und messbar, während sie auf Lehm- und Steinoberflächen nicht immer nachweisbar sind.

Portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse

(MARKUS HELFERT)

Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen zum römischen Bronzehandwerk wurden erstmals am Fundbestand eines Fundorts nicht nur an Tiegeln, sondern darüber hinaus in grosser Anzahl an Proben aus potentiell

49 Besonders stark übervertreten ist Zink, das durch seine Flüchtigkeit und die Porosität von Tiegeltönen und Schlacken oft in Anteilen nachweisbar ist, wie sie in antiken Messingen nie vorkommen. Dazu methodisch vorbildlich: Dungworth 2000; Kearns u.a. 2010; Martínón-Torres / Rehren 2014, 127. – Zur An- und Abreicherung der Metalle in der Bronzepatina Kaufmann-Heinimann / Liebel 1994; zuletzt Orfanou / Rehren 2014.

50 Dies entspricht etwa 50 mg: Schwab / Pernicka / Furger 2011, 228. Vgl. auch oben mit Anm. 33.

51 Ein entsprechender Test ergab keine Abweichungen in den Messwerten der metallischen Elemente mit oder ohne Plastikfolie (siehe Tabelle 7, unten).

52 Dies betrifft alle in Riederer 1995 publizierten Analysen. Eine kleine Serie von modernen «römischen» Metallgemischen, die ich legiert habe, sind sowohl von Josef Riederer mit der Atomabsorptions-Spektalanalyse (AAS) als auch von Markus Helfert mit Röntgenfluoreszenzanalyse, konkret mit dem NITON-Handanalyzer, gemessen worden (immer mit Bohrproben). Die Übereinstimmungen sind so gross, dass beide Methoden gleichwertig anzusehen sind (Lutz / Pernicka 1996, Tab. 2).

53 Auch Martínón-Torres / Rehren 2014, 128, betonen: «it is always advisable to start the study with a screening analysis of a large number of ceramics by XRF ...».



Abb. 1: Der im Tiegelpjekt Augusta Raurica eingesetzte mobile Röntgenfluoreszenzspektrometer (P-ED-RFA, engl. pXRF), Modell XL3t 900SHe GOLDD der Firma Thermo Fischer Scientific Niton. Rechts eine Klemmhalterung, mit der das Keramikfragment (heller Scherben oben rechts) dicht an die runde Messfläche des Analysegeräts gehalten werden kann.

genutzten Tonlagerstätten geochemische Analysen durchgeführt. In der Regel sind aufgrund der begrenzten Budgets archäologischer Projekte lediglich kleine archäometrische Probenserien finanzierbar. Um dennoch die grosse Anzahl von Fundgegenständen zum Bronzehandwerk von Augusta Raurica mit naturwissenschaftlichen Analysen gut zu charakterisieren und die Ergebnisse auf einer aussagekräftigen Stichprobenbasis zu erarbeiten, wurde die erst seit wenigen Jahren verfügbare portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (P-ED-RFA, engl. pXRF) angewendet (Abb. 1). Innerhalb des Projekts wurde nicht nur an den keramischen Materialien wie Tiegeln und Gussformen gemessen, sondern auch an Steinen, Schlacken, Krusten in den Tiegeln und metallischen Resten. Hinzu kamen sowohl Mineralien als auch Zuschlagstoffe, die in Experimenten zur Rekonstruktion der «Verschleisschicht» an den Tiegel verwendet wurden, so dass insgesamt rund 850 Einzelmessergebnisse vorliegen. Von den 893 im Katalog aufgenommenen Schmelztiegeln aus Augusta Raurica wurden an insgesamt 201 ausgewählten Tiegelfragmenten 467 Einzelmessungen vorgenommen (Tabellen 1 und 2). Auf diese Weise konnten 22,5 Prozent des Tiegelbestandes (Katalognummern **T1–T893**) geochemisch untersucht werden.

Die methodischen Vorteile, die sich während der Messkampagnen deutlich zeigten, sind a) die ständige Verfügbarkeit des Instruments, b) die uneingeschränkte Möglichkeit die Messungen nach der Auswertung der Analyseergebnisse falls notwendig am Objekt zu wiederholen und c) die Analysestrategie unmittelbar anhand der Messergebnisse und den an das Objekt gestellten Fragen anzupassen. Die genannten Punkte führten innerhalb weniger Wochen zu einem effizienten Einsatz des Spektrometers.

Grundlagen für den Einsatz

Das Verfahren der P-ED-RFA (engl. pXRF) wurde bereits an mehreren Stellen ausführlich beschrieben, so dass hier lediglich auf die methodischen Grundzüge eingegangen wird⁵⁴. Die P-ED-RFA wird seit einigen Jahren als Verfahren zur qualitativen und quantitativen chemischen Multielementbestimmung von anorganischen Materialien innerhalb eines weiten Anwendungsspektrums eingesetzt⁵⁵. Die portablen Instrumente erlauben es, am Ort in den Museumsdepots, Magazinen oder auf Ausgrabungen innerhalb kurzer Zeit zerstörungsfrei oder minimal-invasiv an Objekt-oberflächen oder präparierten Stellen und Aufschlüssen zu messen. Für die Untersuchung der Tiegel wurde der Analysator des Instituts für Archäologische Wissenschaften der J. W. Goethe-Universität Frankfurt am Main verwendet. Es handelt sich hierbei um ein Röntgenfluoreszenzspektrometer XL3t 900SHe GOLDD (Geometrical Optimized Large Area Drift Detector) der Firma Thermo Fischer Scientific Niton (Stand 2012; Nachrüstung 2013).

Die Messungen können zwar unmittelbar mit der ab Werk anhand eines Sets von internationalen Standards vorgenommenen Kalibration durchgeführt werden, jedoch empfiehlt sich eine weitere empirische Feinkalibration. Dies liegt darin begründet, dass in der Regel nicht (wie vom Gerätehersteller prinzipiell vorgesehen) an homogenen, planen Pulverproben gemessen wird, sondern im Falle von archäologischer Keramik an frisch erzeugten Brüchen, wodurch stärkere Matrixeffekte auftreten. Deshalb wird das Spektrometer im Modus «Mining Cu/Zn» vor seinem ersten Einsatz mit 140 Proben unterschiedlicher Fein- und Grobkeramik (unterschiedlicher Produktionsorte), die bereits mittels WD-RFA (wellenlängendispersive Röntgenfluoreszenzanalyse) gemessen worden sind, über den Vergleich von Soll- zu Ist-Werten kalibriert. Bei dieser Vorgehensweise werden die systematischen Messabweichungen zwischen den Analyseverfahren korrigiert. Ohne die entsprechende Feinkalibration sind die generierten Messergebnisse nicht ausreichend mit bereits durch andere Messmethoden ermittelten Probenserien vergleichbar. Zurzeit können mit der Konfiguration des Spektrometers für Keramik *neun Haupt- und dreizehn Spurenelemente* präzise bestimmt und für die Auswertung verwendet werden⁵⁶. Dort wo durch die Schmelzreste in den Tiegeln höhere Metallkonzentrationen vorliegen, sind sechs weitere Elemente verwendbar.

54 Vgl. Helfert/Böhme 2010; Daszkiewicz/Schneider 2011; Goren u. a. 2011; Helfert u. a. 2011; Helfert 2013.

55 Vgl. Potts/West 2008; Helfert/Ramming 2012; Shackley 2012; Shugar/Mass 2012.

56 Vgl. Helfert 2013.

Durchführung der Messungen

Die Analysen erfolgten in geschlossenen Räumen bei einer Zimmertemperatur zwischen 20 und 25 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45 bis 60 Prozent. Die Tiegelfragmente waren nach den Ausgrabungen gewaschen und an der Luft getrocknet sowie in Plastikbeuteln gelagert worden. Sie waren nie mit Konservierungsmitteln gefestigt worden. Alle Messungen zur Charakterisierung der Tone erfolgten an *frischen* Brüchen. Hierdurch sollte verhindert werden, dass Fremdmaterial durch die Bodenlagerung oder den Gebrauch der Tiegel mit gemessen wird. Mitunter war es schwierig, bei benutzten Tiegeln eine geeignete Messstelle zu finden, da sowohl von aussen das *Lutum* als auch von innen Guss- und Schlackereste anhafteten. Aufgrund der Wandstärken von teilweise nur wenigen Millimetern kann allerdings eine Restkontamination der Proben, dort wo sich der Messfleck mit einem Durchmesser von 8 mm befand, nicht immer ausgeschlossen werden.

Die Messungen zur Bestimmung der Metallreste in den Tiegeln erfolgten in der Regel an den Oberflächen der Innenwand, in einigen Fällen auch auf der Aussenwand. Aufgrund der Veränderungen durch Korrosion und der teilweise nur sehr geringen Metallanhaftungen sind die quantitativen Ergebnisse nicht repräsentativ für die in römischer Zeit in den Tiegeln geschmolzenen Legierungen, weshalb die Auswertung für diese Fragestellung rein qualitativ erfolgte. Die Messzeit betrug pro Fundstück 360 Sekunden. Die Fragmente wurden in der Regel einmalig an einer Stelle analysiert. Dort, wo es die Länge eines frischen Bruchs ermöglichte, wurden auch Mehrfachmessungen durchgeführt. Hierdurch sollte besonders bei Tiegeln mit grober Quarzmagerung im Ton das Messergebnis durch Mittelwertbildung präzisiert werden.

Qualität der verwendeten Messmodi

Für die innerhalb des Projekts mit der P-ED-RFA durchgeführten Untersuchungen an unterschiedlichen Materialien wurden die drei Messmodi «Mining Cu/Zn» (mit zusätzlicher Feinkalibration für Keramik), «Soil» und «TestAllGeo» verwendet. Zunächst kam bei den ersten Messungen im Jahr 2012 für die Untersuchung der Tiegelkeramik und den im Inneren der Tiegel anhaftenden Reste der Mining-Modus zur Anwendung. Dieser basiert auf einer Fundamentalparameter-Kalibration und der Vermessung von internationalen Standards durch den Gerätehersteller. Der Modus wurde von Niton besonders für Elementkonzentrationen von 5000 ppm bis 100 Prozent entwickelt, ist jedoch auch in der Anwendung bei niedrigeren Konzentrationen (je nach Element ab 10 bis 300 ppm aufwärts) zuverlässig einsetzbar. Für Gehalte unterhalb von 5000 ppm soll der Soil-Modus verwendet werden, wobei hierbei der Nachteil entsteht, dass die leichten Elemente (Magnesium bis Phosphor) nicht mit gemessen werden. Im Fall von Keramik würde dies bedeuten, dass beide genannten Modi

nacheinander gemessen werden müssten, wodurch sich die Gesamtmesszeit enorm erhöhen würde. Jedoch haben die an der Forschungsstelle Keramik in Frankfurt/Main durchgeführten Evaluierungsstudien gezeigt, dass mit dem Mining-Modus rund 20 Elemente präzise gemessen werden können⁵⁷.

Um die Vorteile beider Messmodi nutzen zu können, nämlich die Messpräzision für niedrige und sehr hohe Konzentrationsbereiche sowie die Analyse der leichten Elemente, hat Niton ab der Version 7.0 diese im Modus «TestAllGeo» miteinander kombiniert. Der ursprüngliche Anwendungsbereich ist die Identifizierung der Zusammensetzungen von unbekannten Proben. In den laufenden Evaluierungen, die seit Januar 2013 an der Forschungsstelle Keramik zu diesem Messmodus durchgeführt werden, hat sich gezeigt, dass dieser ohne Einschränkungen auch für Keramikproben einsetzbar ist.

Bis zur Softwareversion 8 des Gerätemodells XL3t 900 war die Anzahl der im Mining-Modus messbaren Elemente begrenzt, so dass bis zur Aufrüstung des im Projekt verwendeten Spektrometers im Dezember 2012 das Element Zinn in der Elementsuite nicht vorhanden war. Dies erwies sich bei der Untersuchung der Tiegel und Schlacken aus Augusta Raurica als Nachteil, da entsprechend durch die verwendeten antiken Bronzelegierungen Kontaminationen der Tiegelkeramik und Konzentrationen jeglicher Höhe in den Schmelzresten erwartet wurden. Um dennoch zumindest qualitativ Zinn nachweisen zu können, wurde bei der Analyse der Tiegel, Schlacken und Gussformen auch der Soil-Modus angewendet, auch wenn sich schnell zeigte, dass die Messergebnisse bei hohen Konzentrationen überquantifiziert wurden. Aus diesem Grunde sind in der Auswertung die Ergebnisse des Soil-Modus rein qualitativ erfolgt. In vergleichende statistische Untersuchungen, die auf quantitativen Ergebnissen des Mining- und TestAllGeo-Modus beruhen, sind die auf diese Weise generierten Elementkonzentrationen nicht mit eingeflossen. Die Nutzer der Gesamttabelle der geochemischen Analysedaten (Tabelle 1) seien ausdrücklich darauf hingewiesen, die Soil-Modus-Daten ausschliesslich rein *qualitativ* zu verwenden. Sie sind der Vollständigkeit halber und zur Dokumentation der Untersuchung mit aufgeführt worden.

57 Vgl. zuletzt Helfert 2013, Tab. 3.

Die Schmelztiegel

Seit Metalle gegossen werden, sind auch Schmelztiegel im Einsatz. Auf die vielfältigen und leidlich erforschten frühmetallzeitlichen Gusstechniken und Schmelztiegel – die «Vorgeschichte» römischer Tiegeltechnologie gewissermassen – brauchen wir hier nicht näher einzugehen⁵⁸.

Schmelztiegel wurden und werden leider oft als Produktions-«Abfälle» abgetan, und in manchen Publikationen werden sie bloss erwähnt oder in unzulänglichen Abbildungen wiedergegeben. Umgekehrt kann eine grosse Fülle von Tiegelfunden auch zu einer Überbewertung der Metallhandwerks an einer Fundstelle führen, wenn man bedenkt, dass Tiegel wegen der grossen Beanspruchung im Feuer und begrenzten Hitzebeständigkeit ihres Materials oft nicht lange halten und in den Werkstattabfällen zuhauf anfallen. Wenn Georg Khevenhüller schreibt, «Gelbgieserei musste eine Spezialität, eine Art Hausindustrie der dortigen Bewohner [auf dem Magdalensberg / A] gewesen sein, denn anders lässt sich das häufige und verstreute Vorkommen von Schmelztiegeln nicht erklären»⁵⁹, müsste dies auch mit anderen Indizien erhärtet werden. Die Bedeutung und der Aussagewert von Schmelztiegelresten sind erst in den letzten zwei Jahrzehnten von technologisch und archäometrisch orientierten Autorinnen und Autoren wie z. B. Justine Bayley, Hans Drescher oder Thilo Rehren hervorgehoben worden.

Das einheitliche Tiegelspektrum von Augusta Raurica mit seinen rund- bis spitzbodigen Schmelzgefässen mit leicht eingezogenem Rand und einem gesondert eingebrachten äusseren Tonmantel brachte Walter Fasnacht mit rein technischen Vorteilen in Zusammenhang: «... Eine komplizierte Inneneinrichtung des Ofens, wie Lochtenne oder Tiegelhalter etc., braucht es nicht, da die nach unten spitz zulaufende Form der Tiegel ein Umkippen verhindert, ja geradezu für ein vertikales Einsinken in die verbrannte Holzkohle geschaffen ist. Die getöpterten Gusstiegel weisen bisweilen einen inneren Feinbelag (Engobe) und in aller Regel einem äusseren, stark verschlackten Mantel auf, den wir – basierend auf mittelalterlichen Tiegeln – *Lutum* nennen. Dieser äussere Mantel ist Verschleissmaterial, er darf sich erweichen oder schmelzen und verglasen, wie zahlreiche Abdrücke der Zangen bezeugen, während die Tiegelkeramik und der innere Belag dicht bleiben müssen. Die Tiegel sind oben offen, können aber mit einem losen Deckel, z. B. einer Keramikscherbe, gegen einfallende Holzkohle abgedeckt werden.»⁶⁰

Charakterisierung des Tiegeltons

Farbe

Allgemeines zur Farbe des Tiegeltons

Bei der Beurteilung der Farbe und des Scherbens von Schmelztiegeln⁶¹ ist Vorsicht geboten: Ein frisch gebrannter, aber noch nicht zum Schmelzen von Metallen sekundär erhitzter Tiegel ist anders zu beurteilen als ein gebrauchtes Stück mit seinen Verfärbungen, Schlackenspuren, Guss-spritzern usw. In Fällen, bei denen die Tonfarbe infolge Hitzeeinwirkung sekundär verändert erschien, wurde dies im Katalog erwähnt.

Kriterien der Materialaufnahme

Wegen der häufigen individuellen Sekundärverfärbungen habe ich bei den Farbschattierungen der Augster Schmelztiegel bewusst wenig differenziert. Bei der Materialaufnahme wurden – neben dem Vorhandensein von Schlacken- und *Lutum*-Schichten – lediglich folgende Farben des Tiegeltons erfasst (Auswertung: Abb. 2):

- Schwarzgrau, anthrazit (Erfassungscode: at)
- Dunkelgrau (dg)
- Hellgrau (hg)
- Graubeige (gb)
- Hellbraun (hb)
- Dunkelbraun (db)
- Farbe im Bruch abweichend ...
- Farbe auf der Aussenseite abweichend ...
- Beschreibung der Tonfarbe im Sonderfall.

Ergebnisse für Augusta Raurica

Allen Beurteilungen und Interpretationen muss vorangestellt werden, dass – anders als bei römischer Gebrauchskeramik – Farbe, Härte und Struktur der Tiegeltöne sich *sehr stark durch die sekundäre Hitze im Schmelzfeuer verändern* können. Dies betrifft nicht nur die Farbe, die sich oft in reduzierender Umgebung Richtung gräulich und schwarz verändert hat, sondern auch die Härte und Struktur (s. unten).

58 Siehe z. B. Tylecote 1980, Abb. 7.7 (Tiegelformen der Bronze- und Eisenzeit) und Stephan 2008 (ausführlich zu mittelalterlichen Tiegeln).

59 Khevenhüller 1958, 145.

60 Fasnacht 1993, 243 f.

61 Generell zum Tiegelton Krünitz 1773–1858 (Auszüge unten S. 55 f.); Tylecote 1982; Stephan 2008, 368.

Vergleichen wir die vorherrschende Farbe der unbenutzten Tiegel mit der Keramik gebrauchter Stücke: Die «neuen» Schmelzgefässe variieren in der Regel in *hellen, beigen und graubeigen Farbtönen* (Abb. 2, Ensemble Insula 19, Taf. 4–6)⁶², während gebrauchte derselben Form oft grau bis dunkelgrau geworden sind oder sich oberflächlich dunkel verfärbt und verfleckt haben. Diese Farbpalette entspricht der grössten Augusta-Raurica-Tiegelgruppe und ist auch durch eine *extrem feine Magerung* charakterisiert, die mit dem Auge nicht erkennbar und am Scherben lediglich als «feinkörnig» bis fein «sandig» erfüllt werden kann (Abb. 2). Diese optisch einheitliche, helle «Tongruppe» umfasst mindestens 80% aller beutelförmigen Tiegel aus Augusta Raurica vom Normaltyp (Taf. 1–24). Die archäometrischen Untersuchungen ergaben jedoch, dass sich in dieser Gruppe fünf verschiedene Tongruppen (Abb. 59–70) resp. zwei verschiedene Tonvorkommen verstecken (s. unten S. 151 ff., Lagerstätten 3 und 47).

Die Fundkomplex-Datierungen dieser Tiegel aus feinem, hellgrauem Ton verteilen sich von der Mitte des 1. bis ins dritte Viertel des 3. Jahrhunderts mit Schwerpunkt in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts (Abb. 3, oben) – sie sind demnach bis am Ende der Augster Oberstadt in Gebrauch gewesen. Dies im Gegensatz zu den grauen, stark quarzgemagerten Tiegeln, welche die tendenziell älteren Stücke in Augusta Raurica darstellen und schon eine Generation früher einsetzen (s. unten mit Abb. 3, unten).

Nebst diesen dominierenden, im Bruch hellgrauen und graubeigen Tiegeltonen bilden in Augst/Kaiseraugst die *reduzierend dunkelgrau* gewordenen Stücke mit viel *grober weisser (Quarz-)Magerung* die zweithäufigste Gruppe (knapp 6%; Abb. 2). Aus diesem Material sind einige Sonderformen (s. unten mit Taf. 26 und 27) sowie mittlere und grosse Tiegel gemacht worden, aber kaum kleine Stücke unter 8 cm Höhe. Auch archäometrisch erweist sich diese dunkeltonige und stark gemagerte Serie als chemisch deutlich abgrenzbare Referenzgruppe (Tongruppe 2; s. unten S. 120 ff.).

Praktisch unbekannt unter den scheibengedrehten Tiegeln des Normaltyps sind braune oder gar rötliche Tiegelscherben. Solche Farben sind nur an wenigen, offenbar noch ungebrauchten Stücken zu beobachten (z. B. Taf. 17, **T504**; 21, **T568** oder **T310** [nicht abgebildet]).

Im Fall unveränderter Tonfarben – wir würden sogar von «unbenutzten Tiegeln» sprechen – liegen vor allem kleine, eiförmig-spitz zulaufende Funde aus meist hellgrauem, selten beigem oder dunkelgrauem Ton vor. Sie sind Erzeugnisse einer spezialisierten Produktion in Töpfereien, denn die Augster Stücke sind alle auf der Scheibe gedreht (Ausnahme: schälchenförmige Tiegel), was sich oft an deutlichen Drehrillen vor allem im Tiegellinneren zeigt. Dass dieselben Tiegel nach ihrem Einsatz im Schmelzherd anders aussehen können, belegen einige stark verfärbte kleine Stücke (Taf. 1, **T10–T13**; 8, **T211** etc.) mit demselben blasig-aufgeschäumten *Lutum*, das wir vor allem bei grös-

seren Tiegeln beobachten können (dazu ausführlich unten und Abb. 4). Aber nicht immer, denn es gibt auch kleine Tiegel, die kein aussen aufgetragenes *Lutum* haben, aber nachweislich im Feuer im Einsatz waren (z. B. Taf. 2, **T27**; 9, **T226**; 10, **T254**; 16, **T490**). Dies ist an den Resten der Gusspeise im Innern (Abb. 8) respektive an dünnen glasierten Schlackenablagerungen innen und aussen (Abb. 6 und 83) respektive am archäometrischen Nachweis von Metallen auf der inneren Tiegeloberfläche erkennbar.

Auf der anderen Seite des Grössenspektrums sind auch einige wenige grössere Tiegel zu beobachten, die keine verschlackte äussere Schicht aufweisen. Sie tragen entweder dennoch Gebrauchsspuren (z. B. aussen dunkle Flecken oder Spritzer im Innern, z. B. Taf. 17, **T505**) oder aber sie zeigen noch ihre ursprüngliche rötliche Farbe und scheinen nicht gebraucht zu sein (Beispiele Taf. 21, **T568**; 17, **T504**; **T310** [nicht abgebildet]).

Die Magerung und ihre Körnung

Kriterien der Materialaufnahme

Die Körnung der Tiegeltone resp. die *Magerung* weicht von jener der Gebrauchskeramik stark ab⁶³. Es wurden daher einige wenige Stücke einer mineralogischen Untersuchung zugeführt (s. unten S. 24 f.). Als Magerungsmaterialien für heutige Tiegel werden genannt: Schamotte (aus alten Tiegeln), Sand (Quarz u. a.), Graphit, Kokspulver usw.⁶⁴.

Bei der Materialaufnahme wurden – auch um keine naturwissenschaftlich-präzise Ansprache vorzutauschen – lediglich folgende Körnungen resp. Porositäten der Tiegeltone unterschieden (Auswertung: Abb. 2):

- Feinkörnig, dicht und fest (Erfassungscode: fe)
- Sandig, haptisch sich feinsandig anführend, aber fest (sd)
- Grobsandig (gs)
- Beschreibung der Körnung im Sonderfall.

Ergebnisse für Augusta Raurica

Was vorher für die Farbveränderungen der Tiegel im Schmelzfeuer betont wurde, muss auch für den *Einfluss der Betriebstemperatur* auf die Härte und Struktur des Tiegeltons festgehalten werden: Er wurde im Katalog sehr oft als «sandig» charakterisiert (Abb. 2). Es ist jedoch zu beobachten,

62 Auch Freestone 1989, 159 mit Anm. 34–37, und Andrieux 2003, 46, betonen die Bevorzugung von hellen Tönen; Freestone und andere verweisen auf *tasconium*, eine weisse Erde bei Plin. *nat.* 33, 69 (s. unten mit Anm. 203).

63 Tylecote 1982, 236 f. (die dort erwähnte Beimischung von Holzkohlepulver und Schamotte konnte am Material von Augusta Raurica nicht beobachtet werden); Freestone/Tite 1986, 61. – Zur Schamotte-Magerung siehe auch unten mit Anm. 77 und 204.

64 Hurst 1996, 143.

	Tiegel klein	Ensemble Insula 19	Tiegel mittel	Tiegel gross	Normaltyp alle
Stückzahl	127	64	264	400	850
%	14,9	7,5	30,9	46,8	100
Hellgrauer Ton	61	18	141	188	408
%	48,0	28,1	53,4	47,0	47,7
Dunkelgrauer Ton	15	1	26	42	84
%	11,8	1,6	9,8	10,5	9,8
Schwarz gefleckter Ton	2	3	3	9	17
%	1,6	4,7	1,1	2,3	2,0
Graubeiger Ton	13	23	21	30	87
%	10,2	35,9	8,0	7,5	10,2
Beiger Ton	7	12	13	8	40
%	5,5	18,8	4,9	2,0	4,7
Sekundär verbrannter Ton	22	14	43	110	189
%	17,3	21,9	16,3	27,5	22,1
Ton feinkörnig	60	58	104	87	309
%	47,2	90,6	39,4	21,8	36,1
Ton sandig	45	5	119	230	399
%	35,4	7,8	45,1	57,5	46,7
Ton grobsandig	0	0	5	4	9
%	0,0	0,0	1,9	1,0	1,1
Ton grau mit Quarzmagerung	1	0	7	13	27
%	0,8	0,0	2,7	3,3	3,2
Ton dunkel mit Quarzmagerung	2	0	3	6	14
%	1,6	0,0	1,1	1,5	1,6
Ton beige mit Quarzmagerung	0	0	2	2	5
%	0,0	0,0	0,8	0,5	0,6
Quarzmagerung (alle Tonfarben)	3	0	17	24	46
%	2,4	0,0	6,4	6,0	5,4

Abb. 2: Augusta Raurica. Schmelztiegel des beutelförmigen Normaltyps (Abb. 15). Statistische Auswertung der Tiegeltöne. Die Quersummen müssen infolge feinerer Kriterien im Katalog (s. Abb. 71) nicht immer aufgehen.

dass Tiegelscherben haptisch umso mehr als sandig wahrgenommen werden, je intensiver sie der Hitze ausgesetzt waren. Sandigkeit ist also kein Hinweis auf die Magerung, sondern eher auf einen feinen Zersetzungsprozess in der Hitze.

Bei den dünnwandigen Tiegeln liegt in der Regel ein kompakter, hart gebrannter Ton vor, dessen Magerung offenbar so fein ist (ausgesiebt oder natürlich im Ton vorhanden), dass sie makroskopisch nicht erkennbar ist. Es ist zu vermuten, dass auch die meisten grösseren, dickwandigen Tiegel mit viel feiner Magerung – natürlich oder beigemengt – hergestellt sind, deren Körner jedoch nicht von Auge zu erkennen sind und höchstens als «feinsandig» erstattet werden können.

Eine kleinere Serie von grau- bis schwarztonigen Tiegeln aus Augusta Raurica hebt sich deutlich von dieser Gruppe ab: Es sind Tiegel aus grauem, dunkelgrauem oder fast schwarzem Ton mit sehr starker Quarzmagerung, er-

kennbar an vielen, gut sichtbaren weissen Körnern (Quarz, evtl. auch Feldspat) in der Tonmatrix. Bei der Gebrauchskeramik lässt sich dies – naheliegenderweise – nur bei Kochtöpfen beobachten, die ebenfalls direkt ins Feuer gestellt wurden und die grössere Hitzeunterschiede auszuhalten hatten. Man hat offenbar diese starke Quarzmagerung zur Kompensation des weniger hitzebeständigen Tons dieser Tiegel beigemischt. Dieser graue, quarzgemagerte Tiegeltön (Tongruppe 2) hebt sich auch archäometrisch deutlich als separate Referenzgruppen von der hellen, feinen Tongruppe 1 ab (s. unten S. 115–122).

Aus solchen grauen, stark quarzgemagerten Tiegeltönen sind die meisten der selteneren Tiegelformen hergestellt (Taf. 26, **T855–T863** mit flachem Boden und/oder Taf. 25, **T853, T854** mit ausladendem Rand).

Falls deutlich sichtbare Quarzkörner (in der eher dunklen Matrix) zu beobachten waren, wurde dies im Katalog speziell bemerkt (zusammengefasst in Abb. 2, unten). Bei

den meisten Tiegelfragmenten aus Augusta Raurica ist eine allfällige Magerung aber nur aufgrund einer gewissen «Sandigkeit» zu spüren und – falls nicht schon natürlich im Ton vorhanden – so fein gesiebt oder gemahlen worden, dass die einzelnen Körner vom Auge nicht erkennbar sind. Wie zuvor erwähnt, ist die heute feinsandige Struktur nicht durch feinste Magerungskörner, sondern im Keramikgefüge durch die Hitze beim Gebrauch sekundär entstanden. Der Hinweis «sandig» im Katalog ist daher für die Charakterisierung des Primärtones resp. seiner Magerung wenig aufschlussreich.

Es ist nicht einfach, ohne Komplettanalysen die *Mengenanteile* der helltonigen, feinen Tiegel ohne erkennbare Magerung einerseits und der gemagerten, meist dunklen Tiegeltone andererseits zu ermitteln. Wie unsere *Analysenergebnisse* später zeigen werden, gehört der helle Tiegeltongruppe 1, während die gemagerten, grauen Tiegel den Tongruppen 2–5 zugewiesen werden können. Da die letzteren etwas forciert zur Analyse ausgesucht wurden, ist ihr Anteil bei den Analysen etwas übervertreten: *Tongruppe 1 mit 76,5% (52 Analysen)* und *Tongruppen 2–5 mit 23,5% (16 Analysen)*.

Nehmen wir hingegen die subjektive *Farbbezeichnung* im Katalog zur Grundlage (Abb. 2), so fallen 535 helle Stücke (83,7%) auf 104 graue resp. dunkle Scherben (16,3%). Bei der Beurteilung der *Körnung resp. Magerung* des Tiegelscherbens fällt das Verhältnis mit 708 feinen resp. feinsandigen Stücken (93,9%) versus 46 deutlich mit Quarz gemagerten Fragmenten (6,1%) etwas verschoben aus. Wir dürfen davon ausgehen, dass in Augusta Raurica *rund 90% aller Tiegel vom eiförmigen «Normaltyp» aus hellem Ton* ohne bewusst hinzugefügte grobe Magerung bestehen (Tongruppe 1) und nur gerade *etwa 10% aus den z. T. nachweislich lokalen, dunkel brennenden Tongruppen 2–5 mit starkem Quarzuschlag* hergestellt worden sind.

Quarz- und Feldspatmagerung

Wegen der Schwierigkeiten, Quarz- von anderen Magerungsarten makroskopisch zu unterscheiden, ist im Tiegelskatalog in der Regel nur von «Quarzmagerung» die Rede. So ist von blosser, ungeübtem Auge der helle *Feldspat* kaum erkennbar, weshalb er nicht erwähnt ist. Es ist daher möglich, dass sich in einigen Tiegelscherben mit «vielen grossen weissen Quarzkörnern» auch Feldspätkörner befinden. Kaliumfeldspat ist allerdings nur bis etwa 1050 °C stabil⁶⁵. Nebst Quarz ist in Augusta Raurica und andersorts Feldspatmagerung in Schmelztiegeln mineralogisch durchaus nachgewiesen, wenn die Stücke eine mineralogische Untersuchung mit Dünnschliff oder Diffraktometrie erfahren haben. Die Kombination von beiden Mineralien in Tiegeln aus Autun/F-Augustodunum und deren Mengenverhältnis untereinander führte Daniela König zum Schluss, dass granitisches Gestein oder Gesteinsgrus zur Magerungsgewinnung verwendet wurde⁶⁶.

In vielen alten Rezepten wird die von uns beobachtete, äusserst starke Magerung von Schmelztiegeln mit *Quarzsand* deutlich hervorgehoben, so etwa im Bergwerksbuch des Lazarus Ercker von 1580 (zitiert unten, mit Anm. 207). Auch archäologische Tiegelfunde fallen oft durch intensive und grobkörnige Quarzmagerung auf, was auch viele Autorinnen und Autoren betonten⁶⁷. Die Bruchgefahr wenig feuerresistenter Tiegeltone sei viel zu gefährlich, weshalb alles unternommen wurde, die Tiegel auf empirischem Weg dauerhaft, hitzeschockresistent, hoch schmelzend und einigermaßen bruchsicher zu machen⁶⁸. Es macht den Anschein, dass je weniger geeignet ein Ton war, er mit umso mehr grobem Quarzsand gemagert wurde⁶⁹. Die obere Grenze liegt nach unseren Experimenten 1, 2 und 10 bei etwa einem Drittel des Volumens, da Keramik mit zu viel Magerung an Stabilität verliert (s. unten mit Abb. 113, 11 und 150).

Am Tiegelmateriale von Augusta Raurica konnten nur *wenige mineralogisch-feinstrukturelle Untersuchungen* durchgeführt werden. Morphologische Beobachtungen an den Magerungskörnern liegen daher kaum vor. Daniela König fasst ihre Untersuchungen zur Magerung der 15 von ihr untersuchten Tiegel aus Augusta Raurica wie folgt zusammen⁷⁰: «Des Weiteren können mithilfe der REM-Analysen die makroskopischen und mikroskopischen Beobachtungen zu den Magerungskomponenten [in den dunklen, lokalen Tongruppen 2–5] bestätigt werden, nämlich dass sie aus *Quarz und Feldspat* zusammengesetzt sind.» Dabei wird sehr deutlich, dass die Feldspäte nicht angeschmolzen sind, wie dies in anderen römischen Schmelztiegeln bereits beobachtet werden konnte⁷¹. Das deutet auf *Verwendungstemperaturen von circa 1000 °C* hin⁷². Aber auch in den feinkeramischen, kaolinitischen Tiegeln der Tongruppe 1, die mit blosserem Auge keine Magerungskörner erkennen lassen, sind «mikroskopisch aber auch ... mineralische Magerungskomponenten erkennbar, sie setzen sich vorwiegend

65 Martín-Torres / Verrocchio 2008, 106 (Kaliumfeldspat in mittelalterlichen Graphittiegeln).

66 König / Serneels 2013, 164 (Autun); König 2014, 52 Abb. 5-6 (Xanten/D; Quarzkörner rund-gerollt); 61 Abb. 6-4 und 114 Abb. A1-7 (beide Augst/BL; Quarzkörner kantig und rissig). – Zum selben Ergebnis kommen – jedoch aufgrund der scharfkantigen Magerungskörner – auch Peter Crew und Thilo Rehren anhand des späteisenzeitlichen Tiegelmateriale aus Tara/IRL: «The quartz grains are mostly angular, suggesting the use of crushed quartz or short-distance sediments rather than well-rounded sand» (Crew / Rehren 2005, 88). – Graniteinschluss in hallstattzeitlicher Tiegeleramik von der Heunegurg/D: Modarressi-Tehrani 2009, Abb. 341.

67 Zum Beispiel Lamm 1973, 4f.; Rabeisen u. a. 2010, 345.

68 Kilikoglou u. a. 1995 (Laborversuche); Tite u. a. 2001; Craddock 2013, 10 (diesen Hinweis verdanke ich Markus Helfert).

69 Lamm 1973, 4f. (Quarzmagerungsanteil «up to 50–55%»).

70 König 2015, 224 Abb. 7.

71 König / Serneels 2013, 159 Abb. 5.

72 Schairer / Bowen 1955; Osborn 1977.

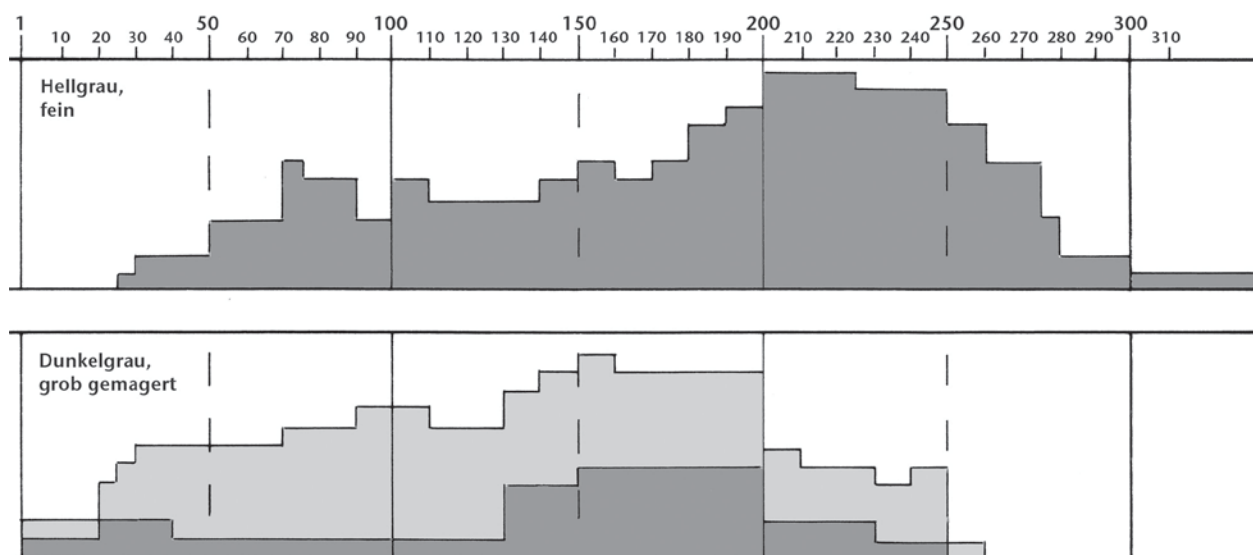


Abb. 3: Augusta Raurica. Datierungsspektren zweier Tiegeltontvarianten. Oben die hellgrauen, feinen Tiegel des Normaltyps, unten die dunkelgrauen, stark mit weissen Quarzkörnern gemagerten Vertreter des Normaltyps. Das obere Diagramm basiert ausschliesslich auf den gut datierten Fundensembles und berücksichtigt nur die «hellgrauen» Tiegel aus feinem Ton (andere, z. B. sekundär verfärbte Stücke mussten aus Zahlengründen nicht unbedingt berücksichtigt werden). Die untere Kurve berücksichtigt hingegen alle datierbaren, mit Quarz gemagerten Tiegel des Normaltyps (dunkler Raster: enge, typologisch gut abgestützte FK-Datierung; heller Raster: Datierungen auf schmälerer Belegbasis).

aus Quarz und Feldspat zusammen, wie sie auch bei den grob gemagerten Tiegeln vorkommen. ... Alle Proben zeigen ausnahmslos Quarz, welcher auch makroskopisch und mikroskopisch überall als Magerung identifiziert werden konnte. Die Feldspäte, welche nicht in allen Diffraktogrammen identifiziert werden konnten, setzen sich vorwiegend aus Kalium-Feldspat und Plagioklasen zusammen.» Da die Magerungskomponenten Quarz, Kalium-Feldspat und Plagioklasen «teilweise als Gesteinsbruchstücke auftreten, kann davon ausgegangen werden, dass es sich entweder um zerkleinerte Gesteine oder um Verwitterungsmaterial von Gesteinen handelt».

Die Zusammenstellung aller Fundkomplexdatierungen mit grauen, stark mit Quarz gemagerten Tiegeln des Normaltyps ergibt eine regelmässige Verteilung vom 2. Viertel des 1. bis zur Mitte des 3. Jahrhunderts mit Schwerpunkt in der 2. Hälfte des 2. Jahrhunderts (Abb. 3, unten). Demgegenüber verteilen sich die FK-Datierungen der Tiegel aus feinem, hellgrauem Ton von der Mitte des 1. bis ins 3. Viertel des 3. Jahrhunderts mit Schwerpunkt in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts (Abb. 3, oben). Die grauen, stark quarzgemagerten Tiegel sind demzufolge die tendenziell älteren Stücke in Augusta Raurica. Beide Tiegelmaterien waren aber in der Blütezeit der Stadt, zwischen etwa 20 und 260 n. Chr., parallel im Einsatz (Abb. 3).

Eine Feststellung Thilo Rehrens, wonach «Gusstiegel bis zum 1. Jahrhundert n. Chr. ... aus wesentlich weniger gemagertem Ton [bestehen]» und «erst später ... auch bei römischen Tiegeln stark quarzgemagerte Grobkeramik als Werkstoff verwendet» wird⁷³, lässt sich am Fundmaterial aus Augusta Raurica nicht nachvollziehen.

Graphitmagerung?

In der Literatur taucht gelegentlich ein Hinweis auf Graphit-gemagerte Tiegel aus römischem Kontext auf. Diese äusserst wirkungsvolle Beimengung ist ab dem Mittelalter in zunehmendem Masse in die Tiegeltöne eingearbeitet worden⁷⁴. Am römischen Fundmaterial von Augusta Raurica wurden zweifelhafte Graphitton-Tiegelscherben dem Strichtest – Bruchkante auf weisses Papier gestrichen – unterzogen: Alle antiken Stücke ergaben ein negatives Resultat, sind also graphitfrei.

Die aus *Aventicum* publizierten «römischen» Graphittiegel sind alle relativ gross, dickwandig und flachbodig⁷⁵. Einer kritischen Überprüfung hält jedoch nur ein Stück aus einer «Schicht» des 1.–3. Jahrhunderts stand; die restlichen vier Graphittiegel sind Einzelfunde und durch keinerlei Mitfunde oder Stratigraphie datierbar. Das römische Exem-

73 Rehren 2002, 257.

74 Murphy 1954, 170 (Einsatz von Graphit in neuzeitlichen Industrietönen); Bauer 1976, 26 f. (Graphit und «zäher, fetter und feuerbeständiger Thon ... in den verschiedensten Verhältnissen untereinander vermengt»); Bauer 1983, 24 ff. (Graphit); 30 ff. (Schmelztiegel); Schäfer / Ansorge 1994 (184 ausführlich über Graphit); von Osten 1998, 42 f. (des weiteren ist auch Kaolin und sog. «Passauer Erde» gewissen Tiegeltönen beigemischt worden); Martín-Torres / Verrocchio 2008, 106 f.; 108 («graphite is an extremely refractory mineral»); Martín-Torres / Rehren 2009, 61 ff.

75 Hochuli-Gysel / Picon 1999. Kat.-Nr. 1–4 sind Einzel- und Altfunde; Kat.-Nr. 5 [= hier Abb. 24, 2], das einzige Stück mit kleiner, stark eingezogener Standfläche, stammt aus einer Grabung von 1967 aus der Insula 20 und scheint römisch zu sein. Graphittiegel mit grosser Standfläche lassen sich meiner Meinung nach nicht in römischen Kontexten nachweisen.

plar (Abb. 24,2) weicht mit seiner kleinen Standfläche und der dünnen Wandung von den vermutlich nachantiken, sehr schweren Funden aus *Aventicum* ab.

Auch in *Augusta Raurica* wurden gerade mal zwei Bodestücke solcher Graphittiegel gefunden (Taf. 28, **T873**, **T874**; Strichprobe positiv). Sie stimmen mit den undatierten Avenches-Fragmenten in Form, Machart und Grösse überein, sind jedoch aufgrund ihrer unten auf die Bodenfläche gestempelten Muster und Inschriften sicher *neuzeitlich*⁷⁶. Das eine Stück (Taf. 28, **T874**) ist ein Streufund aus «Augst» von 1879, das andere (Taf. 28, **T873**) ist ein Altfund von 1917 aus der Nähe einer neuzeitlichen Wasserleitung in Augst-Schürmatt. Ihre Tonmatrix entspricht der Tongruppe 2 (Tabelle 1) und erweist auch diese beiden neuzeitlichen Schmelztiegel als lokal erzeugte Produkte.

Tiegelmagerung mit Schamotte?

In vielen Rezepten der frühen Neuzeit wird fein zerstoßener Keramik- oder gar Tiegelschrot als bedeutendes Magerungsmittel für Schmelztiegel empfohlen⁷⁷. Im archäologischen Kontext wurde Schamottmagerung in Tiegeln jedoch nur sehr selten nachgewiesen⁷⁸, und im Material von *Augusta Raurica* fehlt sie ganz⁷⁹. Die wenigen Meldungen von Schamottmagerung in römischen Tiegeln beruhen auf makroskopischer und nicht archäometrischer Beobachtung⁸⁰. Ausser einigen Indizien im griechisch-mediterranen Raum scheint Schamottzugabe in Tiegeltonen erst ab dem Mittelalter eine häufig geübte Praxis geworden zu sein⁸¹.

Kalkmagerung?

Entgegen den silikatischen Magerungen ist *Kalkmagerung* bei Töpfen verpönt und gefährlich. Bei hohen Temperaturen wird der Kalk gebrannt und würde bei Kontakt mit Wasser gelöscht, was zu einer Volumenausdehnung und damit massiven Schwächung der Keramikstruktur führen würde. Dem konnte nur entgangen werden, indem der Kalk in ganz kleinen Partikeln dem Ton beigemischt wurde. Zudem soll Kalk bei hohen Temperaturen auch als Flussmittel wirken, was natürlich ebenfalls nicht erwünscht ist⁸². Makroskopisch zu beobachten ist Kalkmagerung bei den Tiegeln von *Augusta Raurica* jedenfalls nicht.

Organische Zuschläge?

Nebst der Magerung könnten auch andere Beimischungen, etwa von *organischen Bestandteilen* wie Fasern und Häcksel von Heu und Stroh oder Tierhaare, dem Tiegelton zugegeben worden sein⁸³. An den Tiegeln aus *Augusta Raurica* wurde dies allerdings nie beobachtet.

Organische Magerung kommt aber bei einigen, offenbar absichtlich porös gemachten Tiegeldecken vor (Abb. 128, oben). Sie findet sich zudem bei Lehmkonstruktionen wie Essenwänden oder Öfen. Für *Gussformen* ist sie die Regel, da dort Porosität zur Luft- und Gasdurchlässigkeit besonders erwünscht war.

Nebst diesen Magerungen, die dem Ton zur Erhöhung der Porosität beigemischt wurden, werden in alten Rezepten (z. B. unten S. 56) und auch in archäometrischen Untersuchungen andere organische Zuschläge erwähnt, die das Milieu in Tiegeln und Formen beeinflussen sollten: einerseits *Holzkohlepulver*⁸⁴, das zu einer reduzierenden Atmosphäre im Tiegel führe und andererseits *Knochenasche*, die wie eine «pompe à oxydes métalliques» wirke und den Sauerstoff auf der Schmelze gering halte⁸⁵. Beides lässt sich mangels breit angelegter Dünnschliffuntersuchungen an Tiegeln aus *Augusta Raurica* bis jetzt nicht belegen. Der hohe Phosphatanteil von 0,5–2,8% P_2O_5 könnte entweder auf die Beimischung von Knochenasche im Tiegelton oder auf Knochen als Feuerungsmaterial im Schmelzherd zurückzuführen sein (Tabelle 1)⁸⁶.

Erscheinungsbilder der Innen- und Aussenflächen

Gebrauchte Metallschmelztiegel weisen sehr unterschiedliche, in der Regel sehr «individuelle» Spuren auf ihren Oberflächen auf. Die einen können noch neu und ungebraucht sein (d. h. ohne Spuren eines Gebrauchs in der Hitze des Feuers), andere sind bereits mehrfach zum Schmelzen von Metall benutzt worden und hätten weitere Einsätze im

- 76 Ähnlich auf der unteren Bodenfläche angebrachte Fabrikantenstempel sind viel seltener als Herstellermarken auf der Aussenwand frühneuzeitlicher Tiegel (Beispiele bei Löw-Karpf/Karpf 1994). – Auch Hans Drescher (1983, 367) zählt Graphittiegel mit Stempelung zu den jüngsten Exemplaren («Sicher sind aber Tiegel mit Herstellermarken jünger als die ohne diese Kennzeichen ...»).
- 77 Zur Schamottenbeigabe Brockhaus 1882–1887, Bd. 15, 685 («Besonders feuerfeste T[iegel] werden aus Thon mit Zusatz von Chamotte hergestellt.»). – Weitere Quellen im nachfolgenden Exkurs S. 54–56.
- 78 Tylecote 1982, 236 f. (Antike); Krabath u. a. 1999, 433 f. (Karolingerzeit).
- 79 Siehe auch König 2015.
- 80 Mangin 1981, 250; Andrieux 2003, 46.
- 81 Freestone/Tite 1986, 50; Brepohl 1987, 197 (Theophilus Presbyter, 3. Buch, Kapitel 65).
- 82 Andrieux 2003, 46.
- 83 Dies beschreiben Zehner 1994, 111, anhand der handgemachten Bronzeschmelztiegel aus Horbourg-Wihr/F sowie Telle/Thönnissen 2006, 79 Abb. 22, anhand römischer Schmelztiegel aus Neuss/D.
- 84 Lamm 1973, 4 (archäometrischer Nachweis, frühmittelalterlich).
- 85 Mothes/Pernot 2008, 414 f.
- 86 Anteile von bloss 0,2–0,7% P_2O_5 in der Keramik von schalenförmigen, offenen Tiegeln aus Silchester/GB interpretieren J. P. Northover und N. Palk (2000, 396 f. Tab. 56; 402; 416) als bewusste «Magerung» mit Knochenasche zur Herstellung von *Kupellen*. Dies wird durch den vereinzelt Nachweis von Silber unterstützt. – Zum Einfluss von Knochenfeuer auf die Tiegeloberfläche s. S. 120 und Experiment 12 mit Tabelle 5 (1,2% P_2O_5); s. auch unten mit Anm. 329.

Feuer vertragen, und wieder andere sind durch zu langen oder durch unsachgemässen Gebrauch kaputt gegangen und mit Rissen (eindrückliches Beispiel Taf. 16, **T490**) oder in Scherben als unbrauchbar gewordener Werkstattabfall entsorgt worden. Ein singuläres Zufallsprodukt ist das Tiegelfragment aus Javols / F mit dem Abdruck von noch nicht ganz verflüssigtem Metallschrott im Innern⁸⁷.

Kriterien der Materialaufnahme

Lokalisierung

Bei der Materialaufnahme wurde zur Beschreibung verschiedener Oberflächenstrukturen unter folgenden Stellen an den Tiegeln unterschieden:

- innen (generell, auch bei Fragmenten) (Erfassungscode: in)
- innen am Rand (ir)
- innen an der Wandung (iw)
- innen am Boden (ib)
- aussen (generell, auch bei Fragmenten) (au)
- aussen am Rand (ar)
- aussen an der Wandung (aw)
- aussen am Boden (ab).

Oberflächenstruktur und Auflagen

Bei der Materialaufnahme wurden folgende Oberflächenstrukturen an den Innen- und Aussenseiten der Tegel erfasst (Auswertung: Abb. 4):

- «naturlassen», d. h. keine Spur einer sekundären Erhitzung als Tegel ist erkennbar (Erfassungscode: nat)
- weisser Belag (wss)
- hellgrauer Belag (hgr)
- Flecken auf der Tonoberfläche (Farbe: ...) (fle)
- kohlige schwarze Flecken (koh)
- Spritzer, aussehend wie «Glasur»-Flecken (Farbe: ...) (spr)
- dünner, partiell verglaster Belag, aussehend wie eine «Glasur» (Farbe: ...) (gla)
- flächig «verglast» (Farbe: ...) (verg)
- glasig-heterogener Belag (glah)
- blasig «aufgequollener» resp. aufgeschäumter Belag (blas)
- blasig-aufgeschäumter, verschlackter Belag (*Lutum*, «Verschleisschicht»), der sich vom getöpferten Tegelton deutlich als «zweite Schicht» abhebt (2sch)
- schlackiger Bodensatz (bsch)
- schlackige Spritzer (spr).

Wo die *Oberflächenfarbe* von Tegelton, Überzügen, Belägen und Schlacke nicht zufällig entstanden ist, wird sie individuell erläutert. Andere Eigenheiten sind im Tegelkatalog individuell beschrieben.

Ergebnisse für Augusta Raurica

Lutierte Tegel

Das augenfälligste Kriterium im Erscheinungsbild der Schmelztiegel von Augusta Raurica ist das Fehlen resp. Vor-

handensein einer äusseren, meist stark verschlackten «*Verschleisschicht*». Diese besteht aus einer sekundär auf den gebrannten Tegel aufgetragenen zweiten Lehmschicht, die im Mittelalter und in der frühen Neuzeit als «*Lutum*» (*lutum sapientiae*) bezeichnet wurde. Auf dieses *Lutum* und seine Zusammensetzung wird später in einem historischen Exkurs und einem experimentellen Beitrag noch ausführlich eingegangen.

Wir stellen fest, dass alle Tegel – unabhängig von Grösse, Form und Ton – mit einem *Lutum* versehen sein können. Es fällt aber auf, dass *kleine* Tegel eher noch ohne *Lutum* verwendet wurden (Taf. 1–3), während eine äussere Schutzschicht bei grösseren Tiegeln fast die Regel war (Taf. 7–23): Nur 45,7% der kleinen Tegel vom beutelförmigen Normaltyp aus Augusta Raurica sind lutierte, während es bei den mittelgrossen 73,5% und den grossen 77,5% sind (Abb. 4).

Lehmverstrich

Das *Verstreichen von Lehm* auf bereits gebrannten Tiegeln lässt sich auch partiell beobachten: 1–2% der Tegel weisen im Inneren sekundär aufgetragene Lehmflecken auf (Beispiele Taf. 12, **T290**; 18, **T532**). Etwa gleich oft sind solche Flecken auf der Aussenseite zu beobachten (Abb. 4; Beispiele Taf. 3, **T46**; 18, **T531**). Besonders häufig sind Lehmflecken bei grossen Tiegeln innen am Rand (4,3%; Beispiele Taf. 23, **T586**, **T592**, **T593**). In vereinzelten Fällen sind solche *Lutum*reste am Rand horizontal abgestrichen, was als Spur eines mit Lehm montierten *Deckels* interpretiert werden kann (Beispiel Abb. 51, **T580**); zu den Tegeldeckeln s. unten mit Abb. 28 und 29). In einem Fall (**T862**) kann nachgewiesen werden, dass der innere Lehmauftrag aus der vermutlich lokalen Tongruppe 5 besteht (Tabelle 1).

Glasurflecken

Auf und in mehreren Tiegeln haben sich im Laufe der Schmelzprozesse glasartige Schichten gebildet und abgelagert. Diese Verglasungen müssen bei hohen Temperaturen (ab etwa 1100°C) durch die Reaktion von Quarz (Magerung) mit Metallen und Flussmitteln (Schlacke) entstanden sein⁸⁸. Die meist als kleinere und grössere Flecken entstandene «Glasur» ist an der Aussen- (3,6%) und häufiger noch an der Innenseite (7,5%) der Tegel zu beobachten. Es ist eindeutig, dass sich solche Glasuren öfters an kleinen Tiegeln, die oft nicht lutierte waren, abgelagert haben und weniger an grösseren Exemplaren (Abb. 4). So weisen 16,5% der kleinen Tegel im Innern solche Glasurflecken auf, jedoch nur 5,3% der grossen Exemplare (s. Abb. 93 mit arsenhaltigen Verglasungen).

87 Rabeisen u. a. 2010, Abb. 15, 6.

88 Jantzen 2008, 195.

	Tiegel klein	Ensemble Insula 19	Tiegel mittel	Tiegel gross	Normaltyp alle
Stückzahl	127	64	264	400	855
%	14,9	7,5	30,9	46,8	100
Aussen naturbelassen	37	30	22	22	111
%	29,1	46,9	8,3	5,5	13,0
Aussen mit Lutum	58	0	194	309	561
%	45,7	0,0	73,5	77,3	65,6
Lehmflecken innen	1	0	3	8	12
%	0,8	0,0	1,1	2,0	1,4
Lehmflecken innen am Rand	1	0	3	17	21
%	0,8	0,0	1,1	4,3	2,5
Lehmflecken aussen	3	0	2	7	12
%	2,4	0,0	0,8	1,8	1,4
Lehmflecken aussen am Rand	0	0	1	1	2
%	0,0	0,0	0,4	0,3	0,2
Glasur(-fleck) innen	21	1	21	21	64
%	16,5	1,6	8,0	5,3	7,5
Glasur(-fleck) aussen	9	1	9	12	31
%	7,1	1,6	3,4	3,0	3,6
Lutumabdruck von Deckel	2	0	1	2	5
%	1,6	0,0	0,4	0,5	0,6
(Werkzeug-)Abdrücke im Lutum (Abb. 13)	3	0	16	21	40
%	2,4	0,0	6,1	2,1	4,7
(Bronze-)Spritzer innen	32	2	75	122	231
%	25,2	3,1	28,4	30,5	27,0
(Bronze-)Spritzer aussen	3	0	3	1	7
%	2,4	0,0	1,1	0,3	0,8

Abb. 4: Augusta Raurica. Schmelztiegel des beutelförmigen Normaltyps. Statistische Auswertung der Oberflächenstrukturen.

Diese glasurähnlichen Beläge können farblos wie Glas, aber auch durch Metalloxide gefärbt sein⁸⁹. Es kommen die in Abbildung 5 zusammengestellten Farben vor (Beispiele in Abb. 6). Signifikante Unterschiede in den Glasurfarben bei kleinen, mittleren und grossen Tiegeln sind nicht auszumachen und ebenfalls keine zwischen Aussen- und Innenflächen.

Solche glasurartigen Nebenprodukte können entstehen, wenn die Tiegel einem reduzierenden Umfeld und der richtigen Umgebungstemperatur (>1050°C) ausgesetzt sind und einige der folgenden Parameter im Prozess erfüllt sind: Silikate (z. B. Quarz), Flussmittel (z. B. Soda), Kalium (z. B. [Pott-]Asche), Kalk, Feldspat oder Altglas (z. B. als reduzierendes Abdeckmittel auf die Schmelze gestreut). Die *Färbung* dieser Sekundärgläser ist auf die im Prozess ebenfalls beteiligten Metalle zurückzuführen. So werden rote, braune und grüne Glasurtropfen in oder auf Tiegeln auf die Präsenz von Kupfer zurückgeführt⁹⁰. Justine Bayley differenziert, dass Spuren von Eisen den Schlacken oder Glasuren eine grünliche, schwarze oder braune Farbe verleihen, während schon kleine Mengen von Kupfer zu roten, brau-

nen und orangen Verglasungen führen⁹¹. Ich habe diese Beobachtungen am Material aus Augusta Raurica überprüft:

Viele *farbige Glasurflecken* auf Tiegeln aus Augusta Raurica wurden an ihrer Oberfläche mit pXRF analysiert (Tabelle 1; Auswahl in Abb. 6 und 98). Die Zusammenstellung der Analysewerte, getrennt nach Glasurfarben, bestätigt in einigen Fällen die Theorie, in anderen erbringt sie keine eindeutigen Ergebnisse (Abb. 5).

⁸⁹ Ich danke an dieser Stelle dem Metallurgen Urs Werner (Schaffhausen) für seine grossen Bemühungen um dieses Thema, über das es keine übersichtliche, zusammenfassende Literatur gibt.

⁹⁰ Dinsdale 1986, Abb. 14.1 (Die Anwesenheit auch schon kleiner Mengen von Kupfer zu Spuren von Eisen verleihen den Schlacken grünliche, schwarzrote und orange Verglasungen; freundlicher Hinweis von Urs Werner); Martínón-Torres / Verrocchio 2008, 109 («a brown to green tinge»).

⁹¹ Bayley / Barclay 1990, 177; Bayley / Dungworth / Paynter 2001, 16; Crew / Rehren 2005, 88.

- Bei den *braunen, rotbraunen und rötlichen* Flecken ist immerhin – und wie erwartet – der Eisengehalt durchs Band erhöht und der Kupfergehalt in den meisten Fällen.
- Es ist altbekannt, dass *hellgrüne und dunkelgrüne* ad-hoc-Glasuren ganz typisch sind für Kupferlegierungen resp. für «Bronze». Erwartungsgemäss sind hier auch die Werte für Zinn, Zink und Blei meist erhöht. Es erstaunt jedoch, dass viele Tiegel mit grünlichen «Glasuren» hohe Arsen- und Silbergehalte aufweisen.
- In den *beige- und gelblich-grünen* Glasurflecken sind keine erhöhten Titanwerte festzustellen (Tabelle 1); die Verfärbung ist also nicht auf Rutil (TiO₂) zurückzuführen. Zwei der analysierten Beispiele enthalten aber deutliche Spuren von Eisen und Zink, das dritte jedoch nicht (**T866**, Abb. 98).
- Die hier aufgeführten *schwarzen und anthrazitfarbenen* Beläge sind undurchsichtig-opak, weisen aber glasig-glänzende Oberflächen auf. Sie sind etwas dicker (bis ca. 1,5 mm) als die anderen, meist noch etwas durchscheinenden Glasurflecken. Die vier analysierten Beispiele variieren so stark, dass kein einzelnes Metall für diese geläufigen dunklen Beläge in den Schmelztiegeln verantwortlich gemacht werden kann. In zwei Fällen sind es das dominierende Kupfer und Zinn und in einem andern Fall das Eisen, das für die dunkle Färbung des glänzenden Tiegelbelags verantwortlich ist. Das Mangan, das ebenfalls für eine Schwarzfärbung verantwortlich sein kann, ist nur in einem kleinen Tiegel (**T12**) in etwas stärkeren Spuren vorhanden als in den anderen Stücken.

Die Glasuren müssen bei Betriebstemperatur sehr *dünnflüssig* gewesen sein, denn in mehreren Fällen lässt sich beobachten, wie sie über Ränder und Brüche (Abb. 98) oder durch feinste Risse aus den Tiegeln drangen und auf der Aussenseite Flecken hinterlassen haben (Beispiele Taf. 12, **T292**; 16, **T490**; Sonderfall: Taf. 20, **T564** [durchgedrungener Bronzetropfen]).

Als *Fazit* lässt sich feststellen, dass die bunten Glasurflecken auf römischen Tiegeln aus Augusta Raurica zufällig entstanden und in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr heterogen sind. Ein Zusammenhang zwischen ihrem Chemismus und ihrer Farbe lässt sich nur in Ausnahmefällen erkennen.

Bronzespritzer

Sehr oft sind in den Tiegeln Bronzespritzer und kleine verschlackte Klumpen von der letzten Schmelzcharge zurückgeblieben. Sie sind praktisch immer grün verfärbt und meist von gesprenkelter Struktur. Grössere kugelförmige Metalltröpfchen sind selten (Beispiele Abb. 8 und Taf. 2, **T29**; 3, **T41**, **T55**; 4, **T202**; 18, **T545** usw.). In einem Fall ist jedoch eine beachtliche Menge Zinn-Bleimessing durch einen Haarriss in der Tiegelkeramik nach aussen gedrungen

und *unter* dem *Lutum* wieder erstarrt (Taf. 20, **T564**; Analyse Tabelle 2). Manchmal ist die Schmelze (oder Schlacke) zu früh erstarrt und im Tiegel erkaltet (Beispiele Taf. 1, **T20**; 9, **T227**; 22, **T581**). In solchen Fällen hat man wegen der heute sehr porösen, nicht mehr metallischen grünen Masse den Eindruck, die Bronze sei stark verunreinigt gewesen oder rasch oxidiert.

Solche Bronzespritzer verteilen sich einigermaßen regelmässig auf die Tiegel. Sie sind in kleinen Tiegeln (25,2%) etwas weniger oft erhalten als in mittleren (28,4%) und grossen Stücken (30,5%; Abb. 4). An den Tiegelaussenseiten lassen sich solche Metallspuren naheliegenderweise nur in Einzelfällen beobachten.

Viele dieser grün oxidierten Spritzer-Zonen wurden mit der portablen XRF (pXRF, deutsch: P-ED-RFA) untersucht, und einige metallische Tropfen konnten sogar zur Probenentnahme angebohrt werden.

Auf die sekundär entstandenen Spuren an Tiegeln (Abdrücke von Werkzeug- und Holzkohlen im *Lutum* oder Spuren von Reguli) wird unten eingegangen (mit Abb. 8; 13 und 14).

Erhaltung / Fragmentierung

Kriterien der Materialaufnahme

Bei der Materialaufnahme wurden folgende Tiegelerhaltungszustände erfasst (Auswertung: Abb. 7):

- Tiegel ganz erhalten (Erfassungscode: g)
- Profil rekonstruierbar (pr)
- Randfragment (rs)
- Wandfragment (ws)
- Untere Hälfte (uh)
- Boden (bo)
- Bodenfragment (bs)
- Individualbeschreibung
- Höhe innen: OK Rand bis OK Bodenfläche innen (mm)
- Höhe aussen: OK Rand resp. Schlacke / *Lutum* bis UK Boden resp. Schlacke / *Lutum* (mm)
- Durchmesser: äusserer Raddurchmesser resp. Bodendurchmesser (mm).

Ergebnisse für Augusta Raurica

Durch unsere willkürlichen Grenzen von 8,0 resp. 12,0 cm Tiegelhöhe wird das gesamte Material des beutelförmigen «Normaltyp» von Augusta Raurica bewusst in nur drei Grössengruppen gegliedert. Eine feinere Aufteilung, die etwa zur Abklärung von Standardgrössen dienen könnte, ist wegen der starken Fragmentierung nicht sinnvoll. Die drei Grössengruppen erlauben aber eine empirisch-approximative Zuordnung auch kleinerer Wand- und Bodenstücke.

Die effektive Tiegelhöhe kann nur bei wenigen Tiegeln direkt gemessen werden, denn nur 3,3% sind intakt erhal-

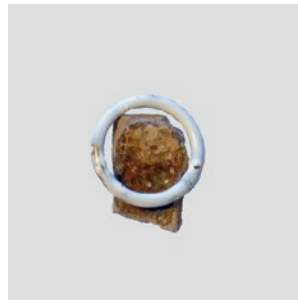
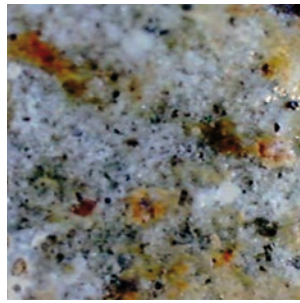
Glasurfarben auf Tiegeln aus Augusta Raurica	In Frage kommende Metalle	Kat.	Abb. 6	Inv. resp. Analyse-Nr.
farblos-glasig (3x)	Glas = Gemenge von Silizium-, Natrium- und Calciumoxyden. Entsteht auch mit Borax	T891	X	2006_051_F01892_110_a
		T537		1959.9511
		T877		1978_22766A_b
				1978_22766A_c
		T879		1960_08021B_a
				1960_08021B_b
				1960_08021B_d
braun (1x)	Fe	T2	X	1996_061_D05302_121_f
(rot)braun (7x)	Fe in reduzierender Atmosphäre, Cu	T454	X	1978_22766B_c
		T490		1963_01894A_b
		T71		1978.24250
rötlich (1x)	Cu	T222		1978.17578
rot (9x)	Cu; Fe und Knochenasche	T5		1963_01330A_b
		T415		1968.11530
dunkelviolett (1x)	Mn	T256		1975.4018A
braunbeige (4x)	Fe	T33		1958_00486_a
		T272		1963.189
		T557		1976.9611
(hell)grün (meist durchscheinend: 15x)	Fe in reduzierender Atmosphäre, Cu	T259		1972_06134_d
		T506	X	1967_26279_b
		T225		1984_10803_b
		T226	X	1906_03217_a
		T226		1906_03217_d
dunkelgrün (meist opak: 12x; Beispiel Abb. 104 [T533])	Cu, Cr	T33		1958_00486_b
		T5		1963_01330A_a
		T30		1984_07895_a
		T32		
		T54		
		T226		1906_03217_b
		T226	X	1906_03217_c
		T866	(Abb. 98)	1960_01918_a
		T883	X	1977_07403_a
beige- und gelblich-grün (9x)	Rutil (TiO ₂) mit Verunreinigungen (kommt oft als allg. Verunreinigung bei vielen mineralischen Materien vor)	T231		1963_01576_b
		T354		1970.6134
		T855	X	1963_01330B_a
		T866	(Abb. 98)	1960_01918_b
schwarz und anthrazit (10x)	Mn, Ni, Fe	T209		1981_19205_a
		T490		1963_01894A_a
		T466		1963_10994F_a
		T12	X	1967_10305_a
bläulichgrau (1x; vgl. tongrundige Blaufärbungen Abb. 103).	Co und Fe in reduzierender Atmosphäre	T734		1984.5129

Abb. 5: An Schmelztiegeln von Augusta Raurica vorkommende Glasurfarben (linke Kolonne), Farbbildungen von Metallen in Schlackenschmelzen (nach Urs Werner; zweite Kolonne) und archäometrisch auf den entsprechenden Glasurflecken nachgewiesene Metallspuren (Kolonnen rechts; Grundlage: Tabelle 1). Katalognummern mit X sind in Abbildung 6 wiedergegeben.

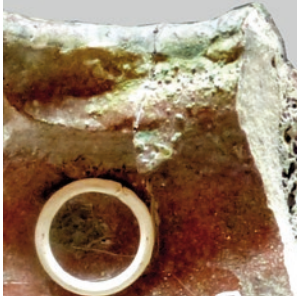
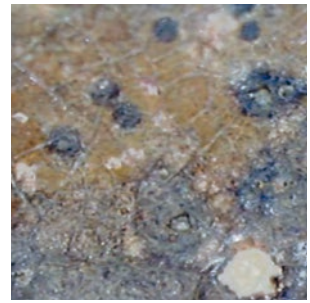
Fe ₂ O ₃	MnO	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Pb	Co	Au
3,050	0,192	64		123	379			21	46		
(nicht analysiert)											
3,520	0,122	38	65	868	4094	28	15	165	600	50	8
4,314	0,104	76	52	21 576	21 340	142	19	261	1442	14	14
4,723	0,251	156	28	1866	40 763	87	9	159	663		5
4,145	0,102	54	34	873	7318	20	3	171	334	66	7
3,924	0,229	105	74	1770	39 566	75	16	18	499	68	5
2,650	0,009	84		221	115	81	31		403		630
2,498	0,087	38		13 607	23 988	55	30	563	386	9	5
2,634	0,027			133 771	125	49 591	775	1213	77 8984		
(nicht analysiert)											
(nicht analysiert)											
3,536	0,170			20 541	1865	66 101	5747	55 472	>900 000		
(nicht analysiert)											
(nicht analysiert)											
10,249	0,011			50 505		21 657	26 296	1644	269 326		
(nicht analysiert)											
(nicht analysiert)											
1,168	0,011	48		89	66	3274	57	8	9858		
1,857	0,269			9932	420	75 328	19 741	3453	804 280	46	
1,575	0,064		24	5598	4997	9724	1525	511	55 377	108	
1,436				21 344	808	72 120	30 598	5091	>900 000		
0,254	0,052	15		1285	196	19 066	5804	201	200 737	195	
1,042	0,177			101 189	133	39 849	2584	1188	347 644	63	
3,859				67 720	271	37 149	14 881	30 584	970 390		548
0,940	0,035	49		3064	37	4272	1068	321	37 104		
(nicht analysiert)											
(nicht analysiert)											
1,557				44 708	703	73 764	64 785	4662	>900 000		
0,242	0,077	15		2151	187	18 777	12 093	145	188 306	155	
1,178	0,035			31 696	146	15 229	1832	2891	22 7760		
5,750	0,095	87	53	289	1418	95	50	26	345		
6,871	0,089	95	6	32 182	109 128	3443	84	1201	29 055		
(nicht analysiert)											
6,488				14 473	8304	23 256	3209	10 279	282 006		113
0,762	0,031	104		11 782	218	10 951	283	2366	151 728		
5,038	0,114	88		165 031	51 873	182	167	15 100	29 901		40
3,057				395 409		55 531	28 391	20 835	>900 000		
20,875	0,162	221	71	2206	24 258	145		1196	6770		
6,737	0,343	116	61	24 069	3705	337	31	2243	3020		10
(nicht analysiert)											



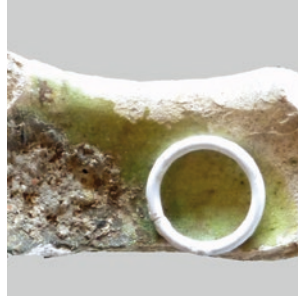
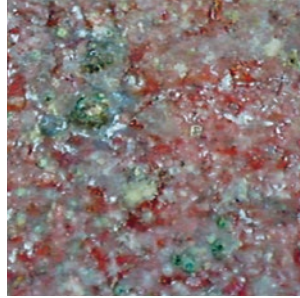
T891



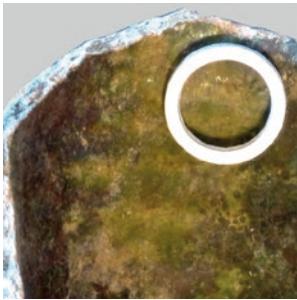
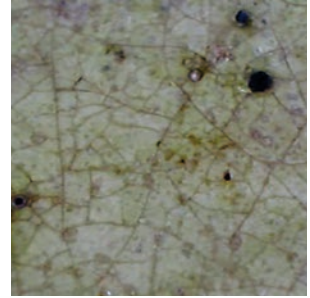
T2



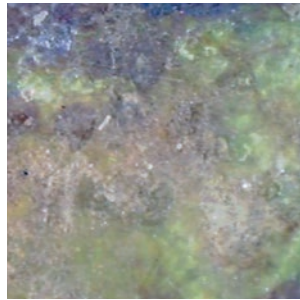
T454



T506



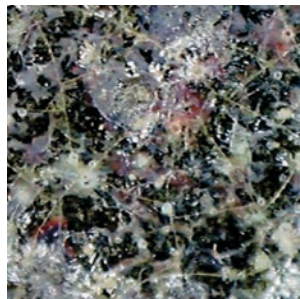
T226



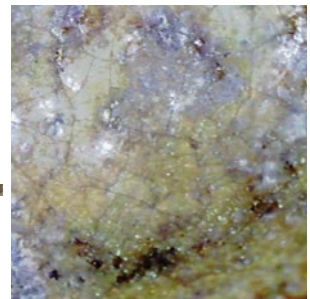
T226



T883



T855



T12

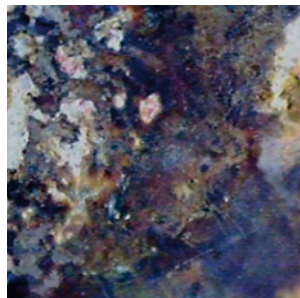


Abb. 6: August Raurica (Augst/BL und Kaiseraugst/AG). Beispiele von Schmelztiegeln mit Glasurflecken (Abb. 5: X). Jeweils links die Analysestellen (mit weissem Ring) M. 1:1; rechts Auflichtmikroskop-Aufnahme 10:1.

	Tiegel klein	Ensemble Insula 19	Tiegel mittel	Tiegel gross	Normaltyp alle
Stückzahl	127	64	264	400	855
%	14,9	7,5	30,9	46,8	100
Ganz/intakt erhaltene Stücke	15	0	6	7	28
%	11,8	0,0	2,3	1,8	3,3
Tiegelprofil rekonstruierbar	2	3	8	7	20
%	1,6	4,7	3,0	1,8	2,3
Ränder und -fragmente	40	24	89	135	288
%	32	38	34	34	34
Böden und -fragmente	44	29	79	58	210
%	35	45	30	15	25

Abb. 7: Augusta Raurica. Schmelztiegel des beutelförmigen Normaltyps. Statistische Auswertung der Erhaltung nach Grössengruppen.

ten. Bei weiteren 2,3% der Tiegel ist das Profil und somit die Höhe eruierbar (Abb. 7).

Die Randedurchmesser stehen in einem relativ engen *Verhältnis* zu den Tiegelhöhen, d. h. die *Gefässproportionen* schwanken nur wenig. Extrem breite und extrem schmale Tiegel kommen kaum vor. Es wurde deshalb verzichtet, eine Statistik der Randedurchmesser zu erstellen (sie gehen aus dem Katalog, der Abbildung 16 und Taf. 1–23 hervor).

Von 855 Exemplaren des Normaltyps sind 288 mit den Randpartien erfasst und 210 mit den Böden (Abb. 7). Der grosse Rest sind Wandfragmente. Die Ränder sind mit rund 34% aller Tiegelfunde durchs ganze Grössenspektrum etwa gleich stark vertreten. Es zeigte sich aber, dass Bodenfragmente von kleinen Tiegeln eher erkennbar sind (35% Böden erkannt) als solche von den grossen, dickwandigen Exemplaren (15%).

Auf die einzelnen Grössengruppen der Augusta-Raurica-Tiegel vom beutelförmigen Normaltyp wird später ausführlich eingegangen (Abb. 15–20).

Spuren an den Tiegeln

Kriterien der Materialaufnahme

Im Katalog sind auch Beobachtungen festgehalten, die unter den Kriterien von Erhaltung, Material, Form und Oberfläche keinen Platz fanden, so zum Beispiel:

- Eigenarten der Herstellung aufgrund von Spuren auf der Keramikoberfläche (siehe unten unter «Die Werkspuren an den getöpten Tiegeln»)
- Zangenabdrücke und Spuren anderer Werkzeuge in der (noch) heissen und weichen *Lutum*-Schicht (Auswertung: Abb. 14; siehe unten mit Abb. 13)
- Holzkohle(?)-Abdrücke in der (noch) heissen und weichen Schlackenschicht (Auswertung: Abb. 14)
- Abdrücke des Regulus (Abb. 8)
- Weitere Besonderheiten (z. B. in Risse geflossene Schlacke)
- Inhalte in den Tiegeln (z. B. Gusspeise; Auswertung: Abb. 4, unten, und Abb. 97).

Ergebnisse für Augusta Raurica: Reguli und ihre Abdrücke

Einige Augster Tiegel zeigen im Innern, als *Abdruck* in der Schlacke oder in einem anderen Belag, das Negativ eines Regulus, also der flüssigen Metallmasse mit ihrer typischen verrundeten Form infolge grosser Kohäsion. Dies ist sowohl an kleinen als auch an einigen grösseren Tiegeln zu beobachten (Abb. 8)⁹². Logischerweise können nur relativ kleine Schmelzen einen solchen Abdruck im weich erhitzten Schlackenmaterial auf dem Tiegelboden hinterlassen; sie sind also kein Indiz dafür, dass man die Tiegel nur mit wenig Metall füllte.

Eine Ausnahme bildet der sehr grosse Tiegel **T579** (Abb. 8), dessen Regulus aufgrund des deutlichen Abdrucks etwa 7–8 cm hoch im Tiegel anstand, was etwa 40–50% des maximalen Fassungsvermögens entspricht. Die als Negativ erkennbare Schmelze entsprach einem Füllvolumen von rund 830 cm³ resp. immerhin *7,5 kg Buntmetall*! Aufgrund dieses grossen Gewichts sowie aus Stabilitäts- und Manipulationsgründen sind solche grossen Tiegel wohl nicht bis zu ihrem effektiven Fassungsvermögen mit Metall gefüllt worden (vgl. Abb. 21).

Diese als Abdrücke in den Tiegeln manifesten Reguli können die ganze untere Tiegelhälfte ausfüllen (Abb. 8, **T20**, **T579**) oder auch nur ein kleiner Rest der Schmelze sein (Abb. 8, **T292**, **T190**, **T259**). Das Beispiel **T190** zeigt auch, dass der Regulus erst *nach* dem seitlichen Ablegen des Tiegels erstarrt sein kann (Abdruck an der Wand statt im Boden). In anderen Tiegelböden finden sich noch kleinere, im Tiegel erstarrte Reste der Schmelze, die sehr stark korrodiert oder verschlackt sein können (Abb. 8, **T227**, **T295**, **T296**, **T53**).

92 Entsprechende Beobachtungen von Regulus-Abdrücken auch bei Rehren / Kraus 1999, 267 mit Abb. 6 (Xanten / D).

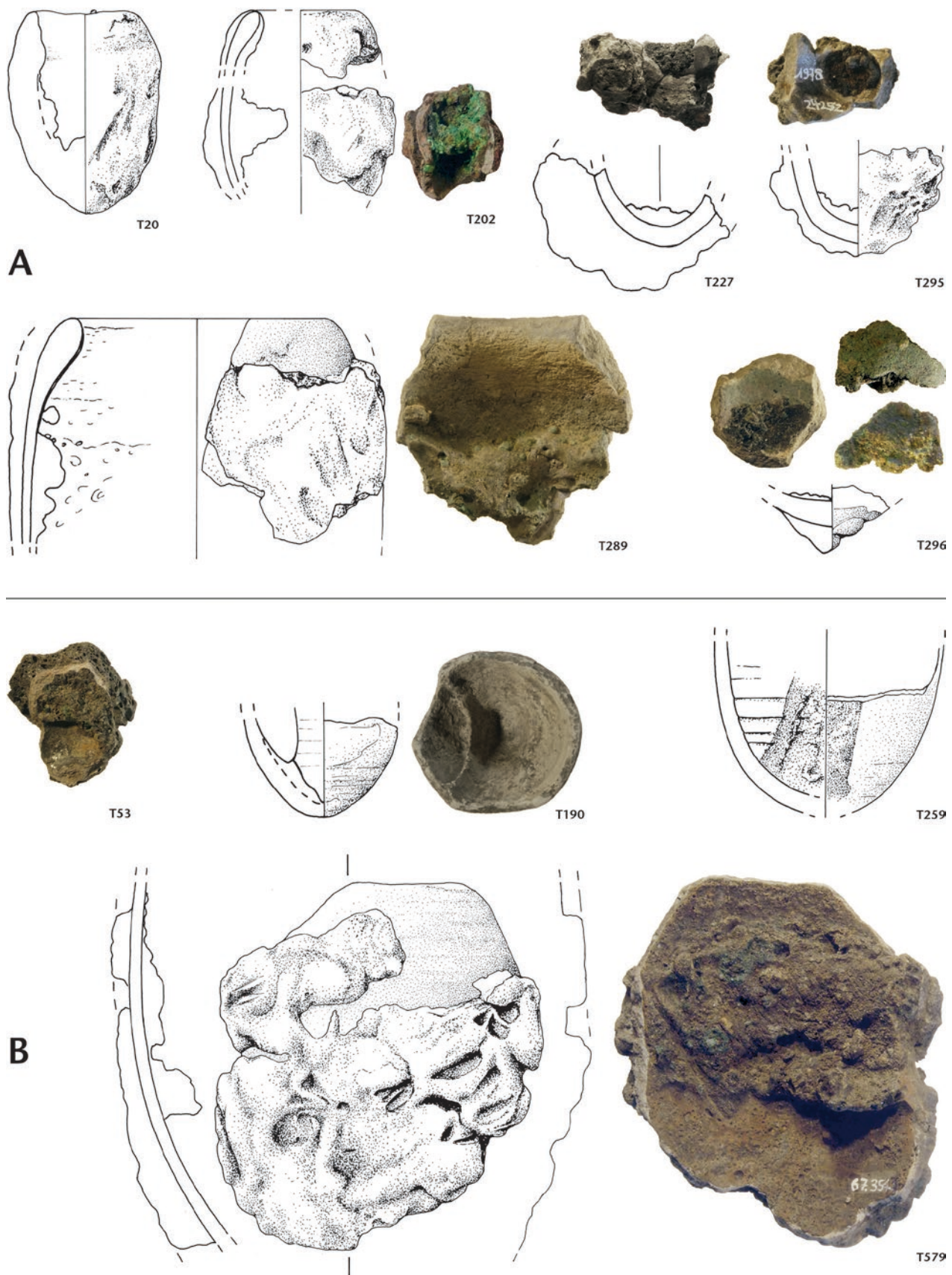


Abb. 8: Augusta Raurica. Tiegel mit Resten und Abdrücken von Metall-Reguli. A: innen anhaftende Reguli und grössere Bronzebrocken; B: Negativabdrücke von erstarrten, aber dann doch entfernten Reguli (pXRF-Analysestellen s. Abb. 97). Fortsetzung: C = Taf. 23, **T603**; D = Taf. 30, **T894–T897**. M. 1:2.

Isolierte Reguli, die ohne Tiegel gefunden worden sind, sind sehr selten; wir kennen aus Augusta Raurica nur gerade vier eindeutige und ein fragliches Stück:

Der «Bodensatz» Tafel 23, **T603** aus einem Tiegel ist nicht analysiert und weist aufgrund des leichten Gewichts keine hohen Metallkonzentrationen auf. Zwei andere Reguli sind metallisch-schwer und weisen unten kugelsegmentförmige Konturen auf. Ihre Analyse ergab in beiden Fällen Zinn-Bleimessing (S. 169; Taf. 30, **T894.T895**).

Zwei weitere «Reguli» sind auch auf der Innenseite gewölbt und besonders schwer (Taf. 30, **T896.T897**). Sie bestehen aus Zinnbleibronze resp. Bleikupfer (Abb. 97).

Herstellung der getöpferten Tiegel

Anforderungen, Brenntemperatur und Eigenschaften der Tiegelkeramik

Da normale Töpfertone bereits bei etwa 1100 °C – d. h. etwa beim Schmelzpunkt reinen Kupfers – zu schmelzen beginnen, mussten die refraktären Anforderungen an die Tiegeltone durch gezielte Materialauswahl (Tone mit viel Aluminiumoxid und wenig Eisen)⁹³ und/oder durch geeignete Magerungszuschläge erreicht werden.

Im Lexikon der Metalltechnik von 1899 werden die Anforderungen an Schmelztiegel definiert, die wohl schon immer gegolten haben: «Die wichtigsten Erfordernisse für jeden wirklich brauchbaren Schmelztiegel sind, dass der Tiegel absolut feuerfest sei, d. h. auch in den höchsten Temperaturen, denen er ausgesetzt wird, kein Anzeichen einer beginnenden Schmelzung gibt, und dass er rasche Temperaturveränderungen ertragen kann, ohne dabei rissig zu werden. ... Das Materiale, aus welchem man Schmelztiegel darstellt [erzeugt], ist ein feuerfester, mit viel Quarzsand gemengter Thon; es erscheinen in Folge dessen die Tiegel rau, so dass sich geschmolzenes Metall nicht vollständig ausgiessen lässt, sondern Körnchen desselben an den Wänden des Tiegels haften bleiben.»

Wie bereits erwähnt, wurde der Tiegelton – wir meinen hier die innere Tonschicht analog der «unbenutzten Tiegel» – durch starke Magerung widerstandsfähig für grosse Hitze und Temperaturunterschiede gemacht⁹⁵. Mit dieser Magerungsmassnahme allein und mit herkömmlichem Töpferton hätte man jedoch noch keine Industriekeramik herstellen können, die den extremen Belastungen gewachsen gewesen wäre. Der Habitus der Tiegelkeramik von Augusta Raurica weicht auch optisch vom lokal gefertigten Gebrauchsgeschirr ab: Die Tiegelscherben sind entweder härter und dichter (hellgraue dünnwandige Stücke) oder härter und sandiger (grössere dickwandigere Tiegel) als die lokale Gebrauchskeramik. Einige Autoren berichten allerdings von anderen Fundorten, dass dort die Tiegelkeramik dem Ton der lokalen Gebrauchskeramik gut entspreche⁹⁶.

Ronald F. Tylecote stellte fest, dass Schmelztiegel *bei über 900–1000 °C gebrannt* worden seien, und Marcos Martín-Torres u. a. kamen auf mineralogischem Weg zu dem Schluss, dass die Hessischen Tiegel des Mittelalters sogar bei 1300–1400 °C gebrannt wurden⁹⁷. Der Mineraloge Gerwulf Schneider und der Archäologe Gerhard Zimmer weisen darauf hin, dass Tiegelkeramik zwar bei 1050–1100 °C zu verglasen beginnt und «bis mindestens 1170 °C formstabil» bleibt und die «Erweichungstemperatur ... also oberhalb der zum Schmelzen von Kupfer erforderlichen Temperatur» liegt⁹⁸. G. Schneider weist in Zusammenhang mit grossen griechischen Schmelzschalen auch darauf hin, dass die Verglasung ab ca. 1050 °C «den Tiegel dicht» macht⁹⁹. Die Brennversuche von Anno Hein und Mitautoren sowie von Javier García Ten und Mitautoren zeigen zudem, dass eine Keramikmasse bis 900 °C kompakt bleibt, bei 1050 °C kleinste Poren zu bilden beginnt und bei 1100 °C diese Klüfte grösser werden und damit die Keramik instabiler¹⁰⁰. Diese Temperaturwerte können allerdings je nach Tonqualität resp. -mischung schwanken.

Die Beobachtungen am offenbar speziellen Tiegelmateriale schliessen nicht aus, dass die Schmelztiegel als Sonderkeramik mit besonderer Magerung in gewöhnlichen Töpfereien hergestellt worden sind (s. unten S. 161 und 166). Wir wissen von Töpfern, Giessern und Schmieden der Neuzeit, dass für den Bau von Öfen, Essen, Düsen und Schmelzgruben sowie für die Herstellung von Industriekeramik andere Tone und Zuschläge gefragt sind als jene,

93 Searle/Grimshaw 1960, 38; 298 f. (entgegen unseren Erkenntnissen, dass schon die Römer hitzebeständige Lehme prospektiert und gezielt abgebaut hätten, seien «refractory materials ... for about 300 years» [vor heute] erkannt und bewusst genutzt worden [S. 38]); Worrall 1975, 69 und 72; Brady/Clauser 1991, 338; Martín-Torres/Rehren 2014, 108 und 114.

94 Bersch 1899, 616. – Bereits bei Theophilus Presbyter (frühes 12. Jh.) finden sich ausführliche Angaben zur Aufbereitung von Tiegelton: Theobald 1984, 29 (2. Buch, Kap. 5); 72 f. (3. Buch, Kap. 22); 123 f. (3. Buch, Kap. 64). Biringuccio 1540, 145 und 145 r (zitiert nach Johannsen 1925, 462 f.), nennt zwar auch guten, gereinigten Ton, erstaunlicherweise aber auch Talk, Eisensinter, Hammelhornsasche, «gemahlenen Tuffstein oder Kieselstein» als Zuschläge für Tiegelton.

95 Tylecote 1982, 235 und 240 f. (mit generellen Anforderungen an Tiegel).

96 Zum Beispiel in Xanten / D (Rehren/Kraus 1999, 266).

97 Tylecote 1982, 236; Martín-Torres u. a. 2008, 2072; Martín-Torres/Rehren 2009, 57 f. und 60 f. – Auch Tite 2005, 477, vermutet bei frühmittelalterlichen Tiegeln Brenntemperaturen um 1050–1150 °C. In frühindustrieller Zeit scheint die Brenntemperatur für «Hessische Tiegel» sogar 1200–1400 °C betragen zu haben, für die dunklen «Bayerischen Tiegel» allerdings nur 950–1050 °C. – Zur Brenntemperatur der Gebrauchskeramik s. unten mit Anm. 116.

98 Schneider/Zimmer 1984, 28; 50. Tite u. a. 1985, 52 geben als Einsatztemperatur 1100–1200 ° an.

99 Schneider 1987, 293.

100 Hein u. a. 2008, 41 f. Abb. 8; García Ten u. a. 2010, 1958 Abb. 9.

die Töpfer verwenden (zur Tonanalyse von Tiegeln s. S. 114 ff., Abb. 1 und Tabelle 1).

Thilo Rehren weist darauf hin, dass diese besonderen Eigenschaften von Ton und Magerung durchaus bewusst optimiert wurden und sich im Giesseralltag sehr bewährten. Er beschreibt seine Beobachtungen an einem Tiegel aus Xanten/D so: «Der erste Blick ins Lichtmikroskop bestätigte den bisherigen Befund. Die Keramik ist nun deutlich erkennbar unter der Hitzeeinwirkung verglast, ohne dabei weich geworden zu sein. Die typische Porosität lässt noch immer die Ausrichtung parallel zur Aussenseite erkennen, wie es für scheibengedrehte Ware charakteristisch ist. Die Vielzahl von Quarzkörnern, mit denen der Ton gemagert wurde, sowie die kleinen, diese Körner umgebenden Risse, sind klar erkennbar. Diese kleinen Risse erlaubten der Keramik, bei Temperaturwechsel quasi «durchzuatmen» und somit der Hitze besser standzuhalten.»¹⁰¹ Diesem Herstellungsverfahren und dieser optimalen Materialkombination von Ton und Magerung muss eine lange empirische Tradition zugrundeliegen!

Wir gingen ursprünglich davon aus, dass die Augster Bronzegiesser ihre Tiegel – mindestens die inneren, scheibengedrehten und im Töpferofen gebrannten Behälter – lokal bezogen. Sie wären wie andernorts auch¹⁰² von spezialisierten Töpfern beliefert worden, die in der Nähe der Gieserien angesiedelt waren. Fehlbrände von Schmelztiegeln, die das bestätigen würden, sind aus Augusta Raurica bisher allerdings unbekannt. Wir konnten jedoch nachweisen, dass die allermeisten Tiegel (rund 90% des dominierenden «Normaltyps») als fertige, gebrannte Tiegel aus besonders hitzebeständigem Jura-Hupperton nach Augusta Raurica verhandelt worden sind und nur das verbleibende Zehntel aller Tiegelfunde lokalen Ursprungs ist (s. unten S. 149 ff.).

Um die geforderte Hitzebeständigkeit zu erfüllen, reichte das reichliche Hinzufügen grober (Quarz-)Magerung nicht unbedingt. Die Tonmatrix selbst musste Eigenschaften aufweisen, die den Tiegel hitzebeständig und formstabil machten. Als Flussmittel wirkende Tonbestandteile wie Kalk oder Eisen waren nicht gefragt¹⁰³. Vielmehr wären kaolinitische (helle) Tone mit fast reinen Aluminumsilikatschichten für die Tiegelherstellung geeignet gewesen. Solche Tone kommen in der Natur vor und sind infolge ihres geringen Eisengehaltes besonders hell (hellbraun über beige und hellgrau bis weiss). *Kaolinitische Tone* zeichnen sich durch hohe Gehalte von Aluminium aus (~30 Gew.-% Al_2O_3). Hiervon zu unterscheiden sind Tone mit sehr hohen Siliziumgehalten (bis zu 95 Gew.-% SiO_2), die als «Huppererden» bezeichnet werden¹⁰⁴. Sie bestehen aus mikrofeinen Quarzsanden (Korngrösse im μm -Bereich) und sind ebenfalls aufgrund geringer Anteile von Eisen beigefarben bis grau-weisslich). Durch die geringen Bestandteile an Aluminium, Eisen und Kalzium sind die «Huppererden» plastisch formbar und nach dem Brand formstabil (Schmelzpunkt: ~1500 bis 1700 °C)¹⁰⁵. Diese Anforderungen und Eigenschaften der Tiegelkeramik müssen bei der

Beurteilung des archäologischen Materials und der Rekonstruktion des Herstellungsprozesses berücksichtigt werden¹⁰⁶.

Die Werkspuren an den getöpferen Tiegeln

Im Gegensatz zur oft vorkommenden äusseren Schlackenschicht (s. unten) wurden alle Tiegel des eiförmigen «Normaltyps» aus Augusta Raurica auf der *Töpferscheibe* hergestellt¹⁰⁷. Sie alle zeigen aussen und vor allem innen deutliche Drehrillen. Eine Serie kleiner Tiegeln aus Insula 19 ist durch ganz auffällige feine *Drehrillen* im Innern charakterisiert (Taf. 4–6).

Spuren der Abnahme von der Töpferscheibe sind an manchen *Böden* zu beobachten: Auf die kleinen, versehentlich stehen gelassenen kleinen «Knubben» wird später noch eingegangen (Abb. 9, unten; 114, oben). Meist sind die runden bis leicht spitz zulaufenden Tiegelnböden sorgfältig geglättet, in Ausnahmefällen nicht (Abb. 9, **T505**). Bei Flachböden und abgeflachten Rundböden sind bisweilen die Spuren der Drahtschlinge vom Lösen von der Töpferscheibe noch gut zu sehen (Abb. 9, **T300.T490**); Taf. 12, **T300**; 16, **T490**).

Davon ausgenommen sind einzig die seltenen handgemachten Schälchentiegel (Taf. 27).

Die allerkleinsten Tiegel (Taf. 1) haben oft die Form schlanker Zylinder mit spitzem Boden und sind so schlank, dass im Inneren gerade ein Finger des Töpfers oder der Töpferin Platz hatte.

101 Bridger / Rehren 2003, 108.

102 Vgl. die Tiegelproduktion in Brumath/F und Soller/D unten mit Anm. 583 und Abb. 19, 1.2.

103 Der «gefährliche» Kalk in gebranntem Ton ist ein allgegenwärtiges Problem, und entsprechend viele Töpferinnen und Töpfer machten mich darauf aufmerksam. Dass Eisen im Lehm als Flussmittel wirkt und für Tiegel nicht geeignet ist, stellte u. a. Hans Knöpfli bei seinen Experimenten in Kamerun fest (Knöpfli 1997, 33).

104 Worrall 1975, 55 f. Tab. 10 (normale Porzellanerde enthält rund 46% SiO_2 und 38% Al_2O_3 ; unsere Lehmproben mit über 30% Al_2O_3 sind allesamt Huppertone [Tabelle 3]. – Ausführlich unten S. 114 ff. Abb. 74 und mit Tabelle 3. Ich danke an dieser Stelle Thomas Mumenthaler, Zürich, für seine Ausführungen zu Anforderungen und Eigenschaften hoch brennender Tone. Rein kaolinitische Tone seien in der Schweiz sehr selten.

105 Eramo 2006, 188 ff.

106 Diese Zusammenhänge waren offensichtlich auch im frühmittelalterlichen England bekannt, wo die helltonige «Stamford ware ... substantially more refractory than the other crucibles» war. «To sum up, the crucibles were made from relatively refractory clays which were therefore quite well suited to the purpose. They could withstand temperatures of at least 1200 °C...» (Bayley u. a. 1991, 399 und 402).

107 So auch Freestone 1989, 159 («... these [Roman] crucibles are commonly wheel thrown»).

Werkstattsspezifische(?) Details

Unter der Schmelztiegel-Standardform «Normaltyp» in Augusta Raurica (Abb. 15) finden sich auch einige auffallende Details und Ausprägungen an Rändern und Böden. Diese sind in einigen – mehrfach zu beobachtenden – Fällen so charakteristisch, dass sie auch Ausdruck einer «Werkstattschrift» sein könnten. Dies würde – bei entsprechendem Vorkommen an mehreren Fundstellen – auf die Belieferung verschiedener Gusswerkstätten durch dieselbe Töpferei schliessen lassen. Dies kann für die folgenden beiden Gruppen postuliert werden, die bisher fast alle ausschliesslich in Augusta Raurica bezeugt sind.

Kleine Tiegel vom Normaltyp mit deutlichen Drehrillen innen und kleinem Lehmknopf am Boden

Bei einigen kleinen, unten eher spitz zulaufenden Stücken, deren Bodenunterseite von keiner Schlacke verdeckt ist, ist ein *kleiner Lehmputzen* resp. ein unregelmässiges «Füsschen» von Daumennagelgrösse erkennbar (Abb. 9, **T146–T254**). Lutierte Tiegel lassen dieses Detail natürlich nicht mehr erkennen.

Der kleine Lehmputzen ist nicht aufgesetzt, sondern ein Rest der ursprünglichen Standfläche auf der Töpferscheibe: Nach dem Hochdrehen der Gefässe, beim Abnehmen von der Drehscheibe, hat man mit der Fingerspitze den unten relativ spitz zulaufenden Boden durch Wegnahme des überschüssigen Tones geformt und dabei bisweilen einen kleinen Lehmputzen stehen gelassen (siehe die alternative Methode bei den Rekonstruktionen in Experiment 2, unten mit Abb. 114). Die Beobachtungen an den Originalen (Abb. 9) zeigen, dass die *Fingerspuren und Drehrillen* bei diesen kleinen Tiegeln innen und aussen bis ganz zuunterst, d. h. bis zum Lehmputzen, reichen. Zur Formung der Spitzböden – zur Unterschneidung zwischen Töpferscheibe und Tiegelunterteil, wurde demzufolge kein Abdreiblech oder dergleichen verwendet, sondern allein mit den Fingern gearbeitet.

Hatte man den fertig gedrehten Tiegel von der Töpferscheibe genommen (wegen der meist spitzen Böden hatten sie am Schluss ihrer Herstellung ja keinen Stand mehr auf der Scheibe), war es offenbar nicht wichtig, die Unterseite immer ebenmässig zu formen. Die relativ wenigen Tiegel, an denen die Unterseite infolge des dort fehlenden *Lutums* sichtbar ist, sind dort meist sehr *unsorgfältig gearbeitet*. Am häufigsten lässt sich das bei den kleinen Stücken beobachten (Abb. 9, z. B. **T161**), aber auch an einigen grossen Tiegelböden, bei denen die Keramikoberfläche sichtbar ist (z. B. Abb. 9, **T505**).

Das Verfahren (Abb. 114, oben) zeigt, dass mit praktisch keinem überschüssigen Lehm auf der Drehscheibe gearbeitet wurde. Man hat also eine exakte, auf die jeweilige Tiegelgrösse abgestimmte Lehmmenge genommen und zu einem Tiegel gedreht, ohne viel Material unten beim Spitzboden abdrehen zu müssen. Die Spuren im Tiegelnern sind beim Boden oft eingerissen oder «abgedreht»

(Abb. 9, **T146, T161**), was vermuten lässt, dass die Tiegeltöpfer einen eher harten (d. h. relativ trockenen) Lehm benutzten¹⁰⁸. Diese Indizien der Fertigungstechnik, vor allem der Hinweis auf genau bemessene Lehmengen auf der Töpferscheibe für jeden einzelnen Tiegel¹⁰⁹, lassen auf eine *Serienproduktion* in einer spezialisierten «Tiegeltöpferei» mit ausgesuchtem und optimal bewährtem Hochtemperaturton schliessen (s. unten). Ich vermute, dass dieser Produktionsort irgendwo im walddreichen Jura (Brennholz!), zwischen der Lagerstätte bei Châtelat/BE und dem Absatzort Augusta Raurica, zu suchen ist.

Interessant ist einerseits ein gut 6 cm breites Tiegelchen aus Wien/A-Vindobona mit genau demselben Herstellungsmerkmal (Abb. 19,3) und andererseits ein Tiegelunterteil gleicher Grösse mit einem identischen «Füsschen» aus Komárom/H-Brigetio¹¹⁰. Dies lässt vermuten, dass die für die Stücke aus Augusta Raurica erschlossene Technik auch in anderen Tiegeltöpfereien angewendet worden ist.

Das Depot eines Tiegelhändlers(?) in Insula 19

Eine Serie von rund 50 kleinen Tiegeln der eben beschriebenen Ausformung fand sich in der Insula 19. Die im Befund – wohl durch Ruinenzerfall und Pflug – in der Fläche etwas verstreuten Stücke **T124–T187** gehören in das frühe 3. Jahrhundert (Abb. 164). Sie sind alle *ungebraucht* (Tabelle 1: keine Spuren von Buntmetallen). Da in diesem Teil der Insula 19 keinerlei Spuren einer Bronze giesserei gefunden wurden, bezeichne ich das Ensemble als Depot – entweder ein Tiegelvorrat eines unbekannten Giessers fernab seiner Werkstatt oder eher ein Händlerdepot.

Ein ander Tiegel mit dieser markanten Bodenform und innen überdeutlichen Drehrillen stammt aus Insula 31 (Taf. 10, **T254**).

Die analysierten Exemplare dieser Gruppe sind alle aus Ton von Châtelat/BE oder Umgebung im Jura hergestellt (Tongruppe 1) und aufgrund des (Händler-)Depots in Insula 19 als fertig gebrannte Tiegel nach Augusta Raurica *verhandelt* worden. Dies trifft vermutlich für *alle Tiegel aus*

108 Für Hinweise zur Dreh- und Herstellungstechnik der Schmelztiegel aus Augusta Raurica danke ich Christine Pugin; für die Beurteilung der kleinen Originalfunde mit Lehmputzen am Boden Christine Burch.

109 Die grossen Produktionsserien von Tiegeln normierter Grössen führten in der frühen Neuzeit zur Technik des «Drehens ab Stapel», d. h. ab einem genau bemessenen Tonvolumen, das auf der Scheibe zentriert wird, wird ein Tiegel nach dem andern in verschiedenen Grössen abgedreht, so dass von jedem grossen Lehmposten in kürzester Zeit ein ganzer Tiegelsatz entsteht (Stephan 2008, 369; 375 Abb. 15).

110 Vindobona: Sedlmayer 1998, Abb. 1,1cR (in der Zeichnung ist leider unklar, ob die Knubbe am Boden zum getöpften Tiegel gehört oder aus geschmolzenem *Lutum* besteht). – Brigetio: Sey 2015, 232 Abb. 1,9.

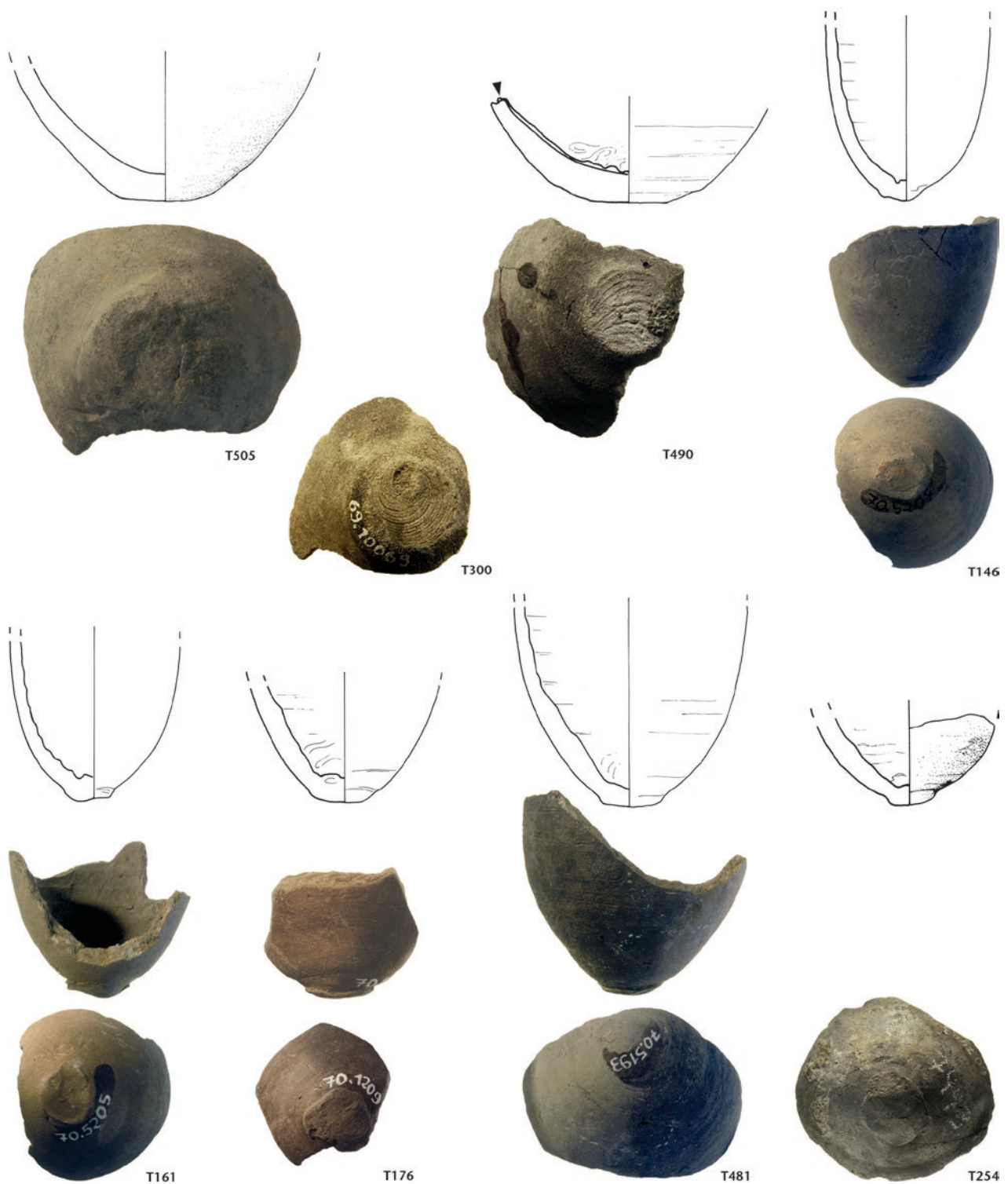


Abb. 9: Augusta Raurica. Tiegel mit Spuren der Bodenbearbeitung. **T505** unten nur grob verstrichen; **T300** und **T490** mit abgeflachtem Boden und Spuren der Drahtschlinge (Abnahme von der Töpferscheibe); übrige Exemplare: keine Tiegel vom «Normaltyp», jedoch mit kleinem Lehmputzen am Boden (immer auch mit deutlichen Drehrillen innen; Auswahl [siehe Katalog]). Zur Herstellung siehe Abb. 114. **T146–T181** aus dem Tiegeldepot in Insula 19; **T254** Einzelstück aus Insula 31. M. 1:2.

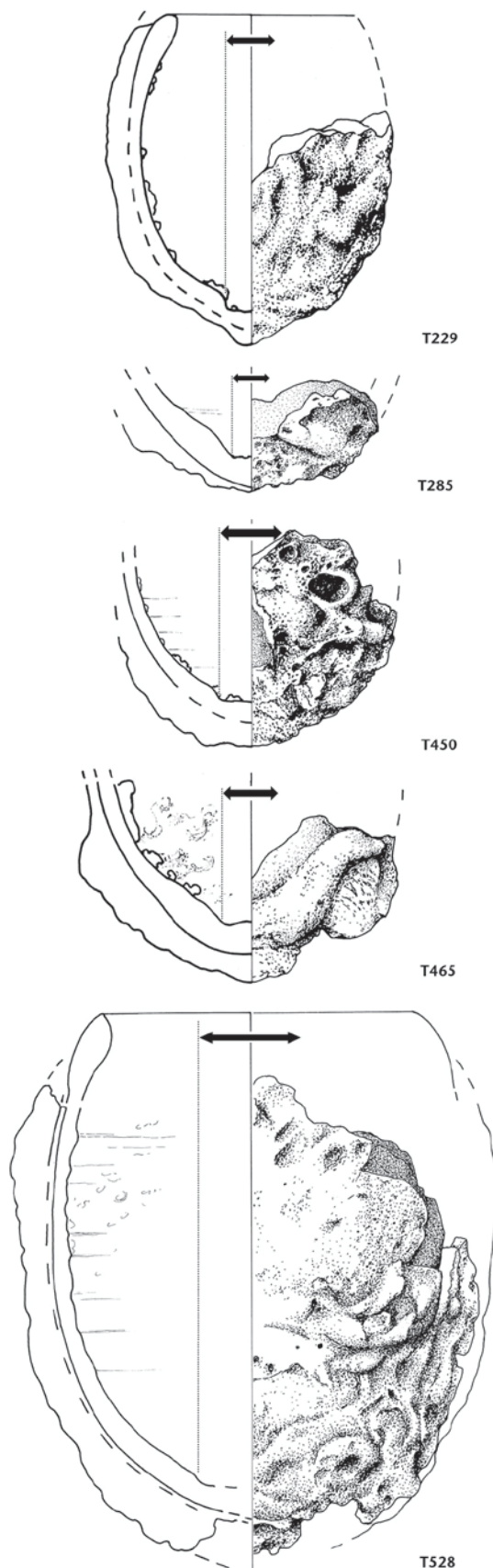


Abb. 10: Augusta Raurica. Mittelgrosse Tiegel vom «Normaltyp», jedoch mit innen abgesetztem Boden. M. 1:2.

Tongruppe 1 zu – d. h. für den Grossteil der Tiegel und für Exemplare aller Grössen! (zu den Herkunftsanalysen s. unten S. 149 ff.)

Mittelgrosse Tiegel vom Normaltyp mit innen abgesetztem Boden

Einige Tiegel weisen eine ähnliche individuelle Spielart auf wie die oben gezeigten Tiegeln mit Lehmknubbe am Boden (Abb. 9, unten): Es sind Stücke, die innen am Boden eine beim Drehen auf der Töpferscheibe entstandene enge Vertiefung zeigen (Abb. 10). Dazu gehören die Tiegel **T229**, **T285**, **T450**, **T465** (alle aus Insula 31) und **T638** (aus Insula 8; nicht abgebildet).

Auch dies ist weder funktional noch stilistisch gewollt und könnte daher das unbewusst angebrachte «Markenzeichen» einer Töpferhand sein. Nur gerade **T528** ist analysiert und gehört in *Tongruppe 1*; es liegt nahe, dass auch die anderen Exemplare – durchweg aus eher hellem Ton und ohne sichtbare Magerungskörner – ebenfalls zu *Tongruppe 1* gehören. Die Tiegel mit dieser herstellungstechnischen Eigenart sind mittelgross bis gross und waren in zwei verschiedenen Giessereien im Einsatz, vor allem in Insula 31. Die dieses typische Merkmal erzeugende «Töpferhand» muss aufgrund der datierbaren Mitfunde ab der Mitte des 2. bis spätestens in die 1. Hälfte des 3. Jahrhunderts gearbeitet haben.

Scheibengedrehte und handgemachte Tiegel

Die Dominanz der Augusta-Raurica-Tiegel und anderer Drehscheibenware scheint im Gegensatz zu einigen wenigen handgemachten Tiegelfunden zu stehen. Franz Oelmann meint von einigen Tiegeln aus dem Saalburgmuseum, sie seien «auf der Scheibe gedreht und zeigen keinerlei Spuren von Benutzung»; er verweist aber auch auf ein kleines Exemplar, das ohne Scheibe hergestellt ist. Die Altfunde aus den Limeskastellen sollen «durchwegs handgemacht» sein¹¹¹.

Vermutlich sind – wie im Material aus Augusta Raurica (Taf. 27) – die dickwandigen schälchenförmigen Tiegel in der Regel handgemacht und die hohen, geschlossenen Formen üblicherweise scheibengedreht. Ebenfalls *handgemacht* sind die Mehrheit der rundbodig-kugelförmigen (Abb. 39) und der kleinen trichterförmigen (Abb. 40) Tiegel. Explizit handgemachte römische Schmelztiegel werden nur äusserst selten präsentiert, so etwa aus Neuss/D (Abb. 23,7), Wolfenbüttel/D-Fümmelse (Abb. 43,2), Falvia

¹¹¹ Oelmann 1914. Ich vermute, dass manche Autoren die äussere Verschleisschicht als Teil des getöpferten Tiegels verstanden haben und wegen deren Unebenheit auf handgeformte Machart kamen.

Solva / A (Abb. 41,10)¹¹², Horbourg-Wihr / F¹¹³, Javols / F-An-deritum¹¹⁴, Mâlain / F-Mediolanum (Abb. 26,4.5)¹¹⁵ und vermutlich auch Regensburg / D-Kumpfmühl (Abb. 41,22) und Bathmen / NL (Abb. 41,8).

Die verschlackende äussere «Lutum-Schicht»

Die Lebensdauer eines aus «normalem» Ton getöpften Metallschmelztiegels wäre ziemlich kurz und das Verlustrisiko von im Feuer verschütteter Bronze zu gross gewesen. Das liegt u. a. daran, dass Geschirrkernik bei niedrigerer Temperatur gebrannt¹¹⁶ wurde als dem Schmelzpunkt von Kupfer, Bronze, Messing, Silber und Gold (um 760–1083 °C)¹¹⁷. Dass die römischen Giesser für zuverlässige Tiegel andere Materialien und Wege suchten, ist also naheliegend.

Die Besonderheiten des Lutums

Die meisten Schmelztiegel aus Augusta Raurica mit eindeutigen Verwendungs- und Hitzespuren weisen *zwei Schichten* auf: die oben beschriebene innere Schicht, d. h. der eigentliche, getöpferte Tiegel aus Keramik, und eine meist bläsig verschlackte äussere Umhüllung. Dieses «Lutum» haftet in aller Regel als geschlossene Schicht auf der ganzen Wandung und unter dem Boden hinwegziehend auf dem keramischen Kern. Gegen den Rand kann dieses *Lutum* ausdünnen (Taf. 3, **T43**; 7, **T195**; 8, **T211**; 14, **T455** usw.) oder dick bleiben und abrupt enden (Abb. 28, **T207.T503.T580**) oder sogar nach oben über den Rand verlaufen (Abb. 28, **T261**). Mehrere Tiegel zeigen, dass das *Lutum horizontal* auf Mündungsebene abgestrichen ist, damit ein flacher Deckel bündig aufgelegt werden kann (Abb. 28, **T549**; Rekonstruktionen 119,5; 138). Nur in einem Fall bricht das *Lutum* nach oben ab (Abb. 28, **T4**), und es ist nicht klar, ob ein Trichter, ein Deckel oder ein anderes unbekanntes angesetztes Teil oben folgte (vgl. Abb. 46)¹¹⁸.

Die Oberfläche dieser verschlackten äusseren Schicht kann sehr glatt sein (z. B. Taf. 2, **T28**; 14, **T455**; 19, **T549**) oder auch extrem uneben (z. B. Taf. 7, **T194**; 8, **T211**; 13, **T446**). Ihre Farbe variiert von hell- zu dunkelgrau bis fast schwarz verglast. Einer der selteneren flachbodigen Tiegel scheint im Schmelzofen in einer Vertiefung gesteckt zu haben, denn das *Lutum* an der Wand endet gegen den Boden zu abrupt mit einem Stauwulst (Taf. 26, **T863**).

Diese *Lutum*-Schicht mit verschlackter Oberfläche, die an römischen Tiegeln sehr vieler Fundorte zu beobachten ist¹¹⁹, wurde nicht von allen Autoren/-innen als separat und bewusst aufgetragene Schicht erkannt. Auf den flüchtigen Blick erscheint die Oberfläche der Tiegel als «poreuse et alvéolée extérieurement par vitrification» oder «bour-soufflées, vitrifiées à force de fontes répétées»¹²⁰. Es wurde

noch konkreter vermutet, die äussere Schicht sei erst während dem Gebrauch entstanden: «... most [of the crucibles] are coated with a dark-green vitreous glaze formed by solidification of films of the molten bronze»¹²¹. Oder man beschrieb, «une vitrification importante (pouvant atteindre les 2 cm) entoure les creusets» und vermutete daher, «elle provient des éléments de silice contenus dans l'argile, mais également du sable dans lesquels étaient disposés les creusets lors de la cuisson ...»¹²² Die Tatsache, dass immer wieder Tiegel *ohne* diese zweite Schicht gefunden werden, kann noch mehr verwirren: Solche Funde zeigen bisweilen keine Spuren von Hitzeeinwirkung und scheinen ungebraucht zu sein. Da zweischichtige ungebrauchte Stücke – ohne Verschlackung durch Hitze – bisher nicht gefunden wurden, kann man durchaus auf die Idee kommen, die äussere Kruste sei eine sekundäre Verschlackung – entweder der Keramikoberfläche des eigentlichen (inneren) Tiegels oder der geschmolzenen ausgegossenen Bronze. Es ist jedoch, in Übereinstimmung etwa mit Justine Bayley und Paul Budd, festzustellen: «An extra outer layer of less refractory clay appears to be the norm.»¹²³

Wiederum war es Thilo Rehren, der diese Massnahme zur Verhinderung von Hitzerissen keramischer Tiegel treffend beschreibt. Für einen «typischen römischen Gusstie-

112 Gschwantler / Winter 1991, 112 f. Abb. (Kat.-Nr.) 1.

113 Zehner 1994, 111 (ohne Abb.).

114 Rabeisen u. a. 2010, 345 («L'essentiel des types est ... modelés à la main», konkret sind ca. 60 von insgesamt etwas über 175 Tiegelfragmenten aus Javols sicher handgemacht).

115 Roussel 1988, 211 Taf. 80,688c–e (offenbar sind nur die kleinen schälchenförmigen Tiegel handgemacht, die grossen wie Taf. 80,687a sind explizit auf der Scheibe gedreht).

116 Jornet 1980, 280 (mind. 850–900°, max. 900–950°C). – Albert Jornet, Marino Maggetti und Gisela Thierrin-Michael ermittelten für die Gebrauchskeramik aus Augusta Raurica auch an anderen Untersuchungsreihen Brenntemperaturen um 850–950°C, im Extremfall max. 1000°C: G. Thierrin-Michael in Schmid 2008, 179–194 bes. 190 f. Abb. 123 (das noch höher gebrannte Stück A482 ist ein Fehlbrand). Zum selben Ergebnis (850–950°C) kommt auch William C. Alexander (1975, 11).

117 Furger 1995, Tab. 20 und 21; Tylecote 1982, 235; Rehren 1997, 16.

118 Ich glaube nicht, in diesem Einzelfall den Beleg für die «Afrikatechnik» resp. «technique creuset-moule» erkennen zu können (mit Metall gefüllter Tiegel mit oben auflutierter Gussform, der nach dem Aufschmelzen zum Ausgiessen der Form einfach gedreht wird), wie einige Autoren für die Römerzeit postulieren (Rabeisen 2010, Abb. 2–5). – Dazu s. auch unten mit Anm. 488 [Gussformen]).

119 Von Augusta Raurica weit entfernte Beispiele etwa Celje / SLO (Lazar 1962, 33) resp. Lazar 1997 (mit Abb. von drei Expl.); Kolšek 1993, 265 Abb. 20.

120 Roussel 1988, 211.

121 Hartley 1954, 5. In diesem Sinne muss man Tylecote 1982, 235 f., verstehen.

122 Zehner 1994, 111.

123 Bayley / Budd 1992, 194. Im selben Sinne auch Tylecote 1982, 239; Bayley / Dungworth / Paynter 2001, 16 Abb. 22,3; 23; Telle / Thönnissen 2006, 83 f.; König / Serneels 2013; Martínón-Torres / Rehren 2014, 118 Abb. 6.12.

gel» charakteristisch sei die «ausen aufgebrachte zweite Schicht eines anderen Tons, der unter der Hitzeeinwirkung intensiv verglast und geschmolzen ist. Diese Kombination von zwei unterschiedlichen Tönen war vermutlich notwendig, um den besonderen Anforderungen beim Schmelzen von Metall im Tiegel bei hohen Temperaturen gerecht zu werden. Um Kupfer oder seine Legierungen zu schmelzen, sind Temperaturen von deutlich über 1000 °C notwendig, bei denen normale Keramik bereits weich wird. Um die Feuerfestigkeit der Keramik für Tiegel zu erhöhen, wurde ein besonderer Ton gewählt und mit Quarz gemagert. Die so gewonnene Grobkeramik war nun zwar feuerfest, aber gerade bei Temperaturwechsel leider auch spröde. Um zu verhindern, dass ein mit flüssiger Bronze gefüllter Tiegel plötzlich riss, wurde er mit einer äusseren Schicht eines anderen Tons umgeben, der bei den Schmelztemperaturen von Bronze selbst anfang zu schmelzen und dabei eine zähe Masse formte. Somit konnte ein Sprung im spröden inneren Tiegel nicht katastrophal enden, sondern wurde durch den zähen äusseren Tonmantel abgefangen, der den gerissenen Tiegel zusammenhielt. Zusätzlich verteilte dieser Aussenmantel die Hitze des Feuers gleichmässiger auf das innere Gefäss, so dass die Gefahr von Rissbildungen insgesamt geringer war. ... Durch den Zerfall der Tonminerale während des Schmelzens der Keramik wurde so viel Gas freigesetzt, dass das Material nun beinahe so blasig wie Bims wirkt.»¹²⁴ Genau dieses Verhalten der äusseren klebenden Masse und des inneren spröden Tiegels illustriert ein nach innen eingebrochenes Randstück aus Augusta Raurica, das dank der äusseren «zähen Masse» in etwas *gekippter Stellung* in der Tiegelmündung verblieben ist (Taf. 7, **T197**).

In einer anderen Arbeit erwähnt T. Rehren allerdings, dass «keine Unterschiede zwischen äusserer und innerer Keramik bestehen»¹²⁵. Dies erscheint mir unglaublich, denn die innere Schicht hat in keinem beobachteten Fall in der Hitze der Feuergrube ähnliche Aufblasungen und Verschlackungen erfahren wie das äussere *Lutum*! Auch wenn derselbe Ton die Grundmasse beider Schichten geliefert hätte, muss in der äusseren Schicht ein zugemischtes Flussmittel ermöglicht haben, dass die Aussenhaut in der Hitze zähflüssig wurde und glasig verschlackte.

Diese glasig-aufgeschäumte Verschleisschicht ist im Feuer der Giesser meist recht uneben geworden, an der Oberfläche aber grau-matt oder grünlich-glänzend «verglasst». In der weichen Masse haben sich Holzkohlestückchen (z. B. Taf. 9, **T229**), spitze Objekte und mehrfach sogar Werkzeuge *eingedrückt* (Abb. 13; Foto-Beispiele auf Taf. 7; 11–13; 15 oder 23)¹²⁶.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine solche äussere *Lutum*-Schicht gleich mehrere vorteilhafte Eigenschaften hatte:

- a) eine Verstärkung der Tiegelfwand,
- b) Verhinderung eines starken thermischen Schocks durch Isolation,



Abb. 11: Beispiel eines Glashafens mit dunkelgrünem Glasbelag innen (rechts) und verschlackter äusserer «Verschleisschicht» aus Lehm (Mitte, links). Wandfragment aus der Glasmanufaktur in Region 17C in Kaiser-augst, Inv. 1974.8850 (Fischer 2009, 104). M. 1:2.

- c) demzufolge eine längere Abkühlzeit der Schmelze bis zur Erstarrung,
- d) Verbesserung der Rissbeständigkeit durch Verklebungseffekt und
- e) eine zähe Aussenhaut des Tiegels¹²⁷.

Vielfältige Anwendungen

Auch auf den im Feuer ähnlich stark strapazierten *Glashäfen* ist bisweilen ein solches *Lutum* abgebracht (Abb. 11), das Andreas Fischer wie folgt charakterisiert: «Bei vielen Fragmenten treten auf der Aussenseite Reste eines lehmigen, bis zu 1,8 cm starken Überzugs bzw. Belags auf. Dieser wurde wohl angebracht, um die Lebensdauer der Häfen zu erhöhen, weil sie dadurch vor der direkten Flammeneinwirkung geschützt waren und somit Spannungen vermieden werden konnten.»¹²⁸ Auch die grossen Zementationstiegel aus kaolinitischem Ton von Lyon / F konnten mit einem schützenden *Lutum* versehen sein, das zum Teil aber wieder abgeplatzt ist¹²⁹.

Solche verschlackenden Schutzschichten ergaben nicht nur auf den Tiegeln Sinn, sondern finden sich bisweilen auch an anderen Objekten, die starker Hitze ausgesetzt waren. So ist bereits im antiken Korinth / GR ein lutiertes, schweres konisches Tonrohr bezeugt, das als Blasebalgdüse interpretiert wird. Offensichtlich ist das Rohr aussen mit einer solchen verschlackenden zweiten Lehmschicht versehen, die beim Gebrauch partiell weggebrochen ist und der

¹²⁴ Bridger / Rehren 2003, 108.

¹²⁵ Zitiert in Rehren 1995, 328, aufgrund von Untersuchungen an Tiegeln aus Walheim / D, bezugnehmend auf A. Hauptmann, unveröffentlichter Bericht zu den Untersuchungen an den Tiegeln von Walheim (inzwischen mit derselben Aussage publiziert: Hauptmann / Weisgerber 2004, 545). – Zu den Unterschieden zwischen Tiegelkeramik und Überzug siehe unten mit Anm. 170.

¹²⁶ Analoge Beobachtungen auch bei Bayley / Barclay 1990, 176; Martin 1978, 117 Abb. 18.

¹²⁷ Rehren 1997, 16; Andrieux 2003, 46; Bayley / Rehren 2007, 50 Abb. 8.

¹²⁸ Fischer 2009, 92 (Zitat), Abb. 111, G35, G38 (Beispiele); ein Beispiel auch bei Rütli 1991, Abb. 97.

¹²⁹ Picon 2007, 10.

Düse ein ganz ähnliches Aussehen wie einem gebrauchtem Tiegel gibt¹³⁰.

Solche aussen angebrachte und stark verschlackte *Lutum*-Schichten sind keine Exklusivität römischer Schmelztiegel für Metalle. Im Mittelalter sind sie oft belegt¹³¹ und wurden als «*Lutum*» bezeichnet, was wir in unsere Nomenklatur übernommen haben. Diese speziellen verschlackenden, isolierenden und klebenden Lehme sind Gegenstand vieler Darstellungen und Rezepte in der frühneuzeitlichen Alchimisten-Literatur (ausführlich im Exkurs unten).

Fragen zur Herstellung

Noch viel unklarer als bei der Herkunft der inneren, getöpferen und vorgebrannten Tiegelbehälter ist die Art, wie und durch wen das schützende *Lutum* aussen angebracht worden ist. Es sind mir keine Funde bekannt, bei denen auf dem vorgebrannten inneren Tiegel eine äussere Schicht aufgetragen ist, die aber noch nicht im Feuer gebrannt, aufgeschäumt und verglast ist. Es ist davon auszugehen, dass eine solche aussen aufgetragene Schutzschicht nicht zusammen mit dem getöpferen Innenmantel im Töpferofen gebrannt wurde. Daraus ist abzuleiten, dass die äussere Lehmhaut unbenutzter Tiegel sich im Boden spurlos wieder aufgelöst hat. Zur Beantwortung der kontroversen Frage nach der Zusammensetzung dieser äusseren Verschleisschicht und den Unterschieden zum scheibengedrehten inneren Tiegel sind wir auf historische Rezepte und naturwissenschaftliche Untersuchungen angewiesen (S. 44 ff. und 120f.), und unsere Experimente 3 und 4 (Abb. 115 und 119) helfen, sich dem antiken *Lutum* anzunähern.

Obwohl zahlreiche neue, d. h. keine Gebrauchs- und Feuerspuren aufweisende Tiegel bekannt sind (zum Beispiel das selten grosse Exemplar Taf. 17, **T504** und ein lediglich erhitztes Stück Taf. 17, **T505**), sind bezeichnenderweise keine ungebrauchten Tiegel, die diese äussere Schicht aufweisen, erhalten geblieben!

Ich glaube, dass dies auf die Zusammensetzung des *Lutums* und auf den Brennvorgang zurückzuführen ist: Das *Lutum* wurde nicht zusammen mit dem rohen Tiegel im Töpferofen gebrannt. Es ist, wie oben bei der Beschreibung der «Verschleisschicht» erwähnt, zu vermuten, dass die äussere zweite Tiegelschicht nicht in den Töpfereien, sondern erst in den Giessereien, d. h. unmittelbar vor dem Einsatz im Schmelzprozess, auf die Gefässe aufgetragen wurde¹³². Nach Horst-Dieter Nielen hat es sogar «den Anschein, als ob diese zweite Tonschicht nicht vorgebrannt und der zweischalige Tiegel mit dem *noch feuchten* Aussenmantel in den Ofen eingesetzt wurde»¹³³. So erklärt sich auch, weshalb diese normalerweise regelmässig dick aufgetragenen Überzüge bisweilen gar nicht vorkommen, gelegentlich aber über den Rand hinaus angebracht wurden. Dieser Frage, ob das *Lutum* auf einem neuen Tiegel vorgebrannt werden muss oder – eher wahrscheinlich – direkt mit der ersten Metallcharge ins Giesserfeuer genommen

werden kann, wird auch in unseren Experimenten 3 und 4 nachgegangen (unten mit Abb. 116; 118; 120).

Fragen zur Chronologie

Dass solche Schutzüberzüge an Tiegeln in den spätmittelalterlichen Giessereien und Alchimistenlaboratorien weit verbreitet waren, ist durch Rezepte zu ihrer Zusammensetzung und durch entsprechende Fundobjekte hinlänglich bekannt (s. nachstehenden Exkurs).

In *Mitteleuropa* ist das Lutieren von Schmelztiegeln erst durch die Römer in grossem Stil eingeführt worden. Eisenzeitliche Tiegel sind, wie ihre prähistorischen Vorgänger, meist noch dickwandig und ohne *Lutum*¹³⁴. In seltenen Fällen wurden aber auch zweischalige Tiegel gefunden, die angeblich – wegen entsprechenden Abdrücken im Innern – um zu rezyklierende Metallstücke herum geformt und anschliessend mit einer zweiten Lehmschicht versehen wurden. «Hierfür wurde die lederharte Keramikmasse um die [Metall-]Gegenstände gedrückt. Die Tiegel waren also nicht vorgebrannt.» Um eigentliches *Lutum* nach römischer oder mittelalterlicher Machart scheint es sich dabei aber nicht zu handeln¹³⁵. Im Frühmittelalter ist eine Lutumschicht auf Schmelztiegeln nur in wenigen Ausnahmefällen zu beobachten¹³⁶.

Anders im *Mittelmeergebiet*: Hier sind – allerdings nur vereinzelt – Tiegel schon früh mit solchen Überzügen versehen worden. Dies zeigen Beispiele etwa aus der 17./18. Dynastie (16. Jh. v. Chr.) aus Ägypten¹³⁷ oder aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. aus Griechenland¹³⁸.

130 Mattusch 1977, 387 Taf. 103,b (Durchmesser ca. 8 cm).

131 Stephan 2008. – Zu wichtigen Fundorten, z. B. Winchester / GB: Bayley / Barclay 1990, 176 Abb. 40,39,I.O.R.T.X.Y; Lincoln / GB: Bayley 2008, 9 Abb. 3,16.21.19.27.34.35; 4,1–3.5.

132 Dieser Ansicht, «dass diese Schicht nachträglich vom Metallhandwerker aufgebracht wurde, nicht vom Töpfer», ist auch Thilo Rehren, dem ich an dieser Stelle für mehrere Auskünfte danke (Mitteilung vom 11.04.2012).

133 Nielen 2006, 32.

134 Eisenzeitliche Tiegelbeispiele, alle ohne *Lutum*, jedoch oft dickwandig: Jones 1980, 117 Abb. 2; Tellenbach 1997, 90 Abb. 2; Santrot u. a. 1999, 96 Kat.-Nr. 169 (2 Tiegel aus Saint-Michel-Chef-Chef / F); Mauvilly u. a. 2001, Abb. 5; 11; Rehren 2002, Abb. 61; 62; Taf. 3,18; 21,1; Poux u. a. 2011, 98 Abb. unten; 101, Abb. links.

135 Nebelsick / Kohnke 1985, Abb. 6 (Bronzewerkstatt, Hallstattzeit); Telle / Thönnissen 2006, 69 (Zitat) Abb. 10; 11 (Hochdorf / D, keltische Siedlung, Abfallgrube, 6. Jh. v. Chr.). – Ich danke an dieser Stelle Rainer Telle für seine Präzisierung zu den Hochdorfer Tiegeln: «Zweischalige Tiegel hatten wir niemals, auch nicht aus Hochdorf. Sie sehen zweischalig aus, das stimmt wohl; allerdings ist dies ein alter Irrtum der Archäologen ... Es lässt sich leicht beweisen, dass der innere Bereich des Scherbens durch die reduzierende Atmosphäre stets verfärbt ist. Zusammen mit Thermochockrisen erweckt dies den Eindruck der Zweischaligkeit.» (E-Mail vom 07.02.2014)

136 Lamm 1973, 5 (Helgö / S).

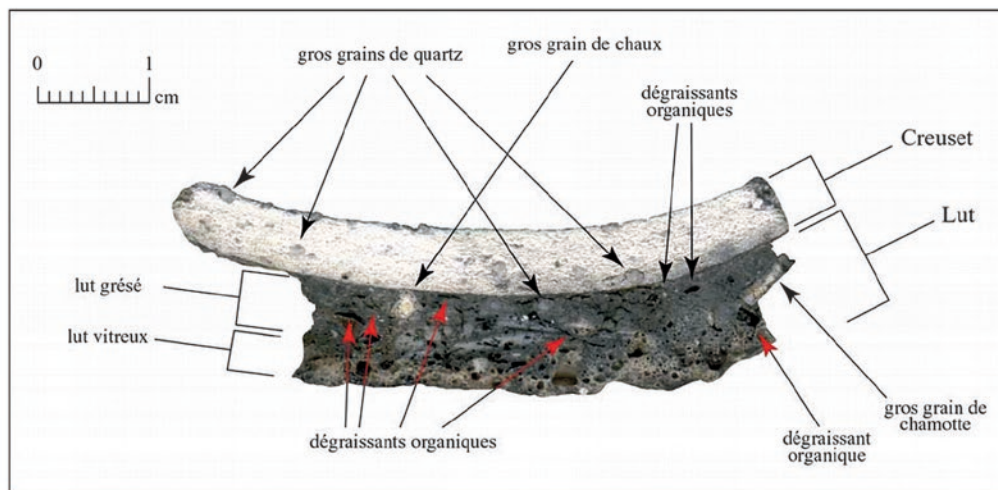
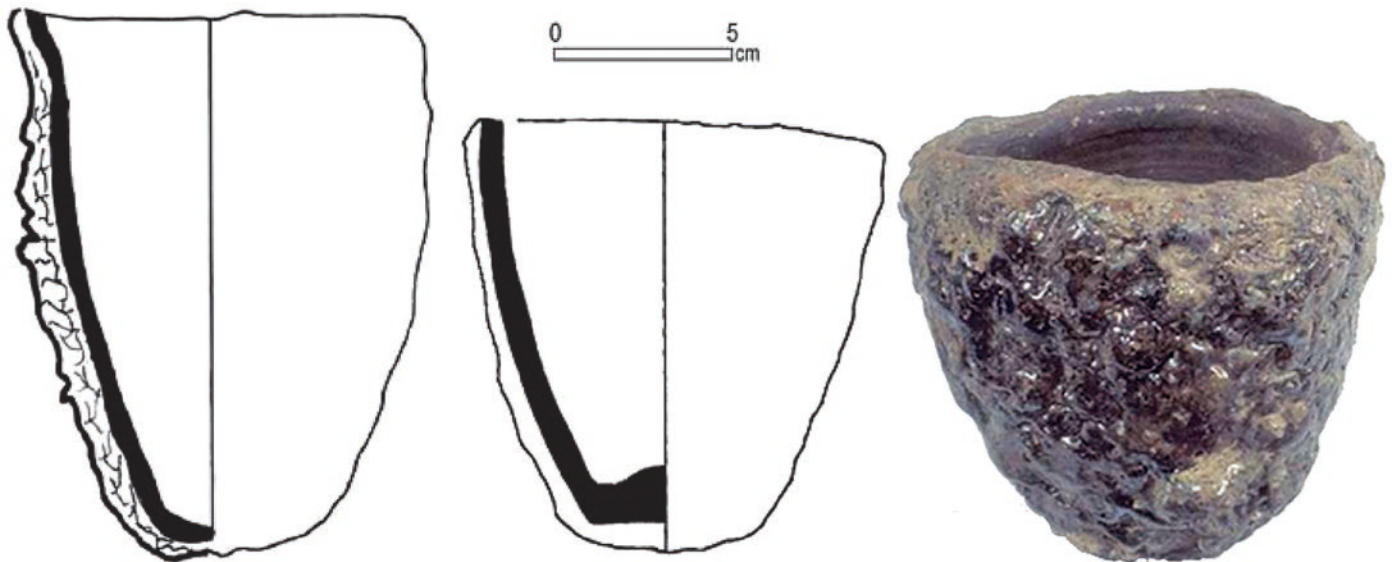


Abb. 12: Merle / F, mittelalterliches Gräberfeld. Die Untersuchung dieser Metallschmelztiegel mit äusserem Überzug führten zur Erkenntnis, dass der schützende Überzug (aus einem Gemisch von Ton mit organischen und mineralischen Bestandteilen) dem in den mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Quellen genannten «lutum sapientiae» (Lehm der Weisheit) entspricht. Verschiedene Varianten der überlieferten Rezepte (S. 45 ff.) wurden experimentell rekonstruiert (Abb. 115). Die zahllosen antiken Belege zeigen, dass das Lutum bereits eine römische Erfindung war. M. Tiegel 1:2; Schnitt unten 3:2.

Exkurs: Lutum – antike und spätmittelalterliche Rezepte für Tiegelüberzüge

Die archäologischen Zeugnisse

In zahlreichen Gräbern des 12. Jahrhunderts bis Mitte des 14. Jahrhunderts in Melle und Niort in Westfrankreich fanden sich Schmelztiegel. Archäometrische Untersuchungen ergaben, dass darin Kupferlegierungen mit Silber- und Zinkanteilen geschmolzen wurden. Eine Messing-Zementation in den Tiegeln ist möglich, aber nicht nachgewiesen. Viele dieser Tiegel weisen eine ähnliche äussere Schutz- und «Verschleisschicht» auf wie unsere Stücke aus Augusta Raurica. Dieser von Nicolas Thomas als «Kittschicht» (franz. *lut*) bezeichnete Überzug wurde von ihm ausführlich untersucht und mit historischen Quellen verglichen¹³⁹.

Die mittelalterlichen Tiegel aus Melle / F sind konisch, haben einen kleinen flachen Boden, oft einen in den Rand

gekniffenen Ausguss und sind oft mit einer zweiten äusseren Schicht versehen (Abb. 12, oben). N. Thomas beschreibt sie folgendermassen¹⁴⁰: «Tous les creusets ont été fabriqués par tournage et présentent des traces très carac-

137 Brunton 1927, 36; 67 Taf. 41,25 (Kammergrab 4964, männlicher Erwachsener, mit Totenmaske, im Tiegel zwei grosse Kieselsteine); Lucas / Harris 1962, 212.

138 Mallwitz / Schiering 1964, 145; 231, Taf. 78, links oben.

139 Thomas 2006; Thomas 2012, bes. 255 Abb. 2 (Auswertung von über 120 *Lutum*-Rezepten, v. a. des 16.–19. Jh.). – Auch einige der vielen Laboratoriumstiegel des 16. Jahrhunderts aus Oberstockstall / A weisen Reste einer *Lutum*-Schicht auf: von Osten 1998, 44, Kat.-Nr. B175, B178 und B186; B190 mit lutiertem Deckel; B91, B114, B115 und C1 / C3 mit Abdeckungen aus *Lutum*.

140 Thomas 2006, 47–49.

téristiques. ... La hauteur observée peut atteindre 150 mm pour un diamètre externe de 90 mm. Certains individus plus petits ne dépassent pas 100 mm de hauteur pour 70 mm de diamètre. Ce ... type de creuset est retrouvé systématiquement luté ... Les creusets lutés sont intégralement recouverts à l'extérieur d'une argile déposée crue sur la surface déjà cuite. Le fond plat est également revêtu de lut donnant aux creusets une forme plutôt globulaire. La pâte recouvre les bords jusqu'à la lèvre. ... La surface extérieure du lut est très altérée. Le lut a subi visiblement des expositions longues et peut-être répétées à de fortes températures. Sur toute la surface externe, il est complètement vitreux. ... La viscosité du lut entre l'état solide et liquide a probablement été contrôlée par les métallurgistes. Tous les creusets que nous avons pu observer présentent invariablement les mêmes caractéristiques. Il y a eu fusion du lut et transformation en verre, mais il n'est pas devenu liquide au point de couler totalement le long du creuset. ... La couche sous-jacente est évidemment très cuite. ... L'intérieur de la pâte du lut présente des petites vacuoles dues à la volatilisation de petits éléments organiques fins (Abb. 12, unten). D'autres empreintes plus grosses présentent des négatifs fibreux caractéristiques. Le lut est visiblement très poreux du fait de cet apport important de matière organique. ... Nous remarquons toutefois quelques grains de quartz. ... En effet, la couche argileuse agit d'abord comme un isolant et répartit ensuite la chaleur sur l'ensemble de la surface du vase.» Das Erscheinungsbild mit den verschlackten Aussenschichten ist also sehr ähnlich wie bei den römischen Tiegeln aus Augusta Raurica.

Nicolas Thomas stellt im Weiteren fest, dass diese Überzüge gar nicht so selten und sowohl für die römische Zeit als auch für das Mittelalter nachgewiesen sind. Im mittelalterlichen Umfeld sind solche Tiegelüberzüge nicht nur bei Metallschmelztiegeln zu beobachten, sondern häufiger noch bei Destillations- und Sublimationsgefässen¹⁴¹.

Antike Quellen (zum «Lutum»)

Ganz vereinzelt ist in früheren Texten von solchen Überzügen auf Keramikgefässen die Rede. Diodorus beschreibt im 1. Jahrhundert v. Chr. bei der Goldgewinnung verwendete «irdene Gefässe», auf welche die Arbeiter einen Deckel aufsetzen und dann «das Ganze sorgfältig rundherum mit Lehm» verstreichen, um das darin enthaltene Gemisch von angereichertem Erzpulver zusammen mit Blei, Salzstückchen, etwas Zinn und Gerstenkörnern «fünf Tage und ebenso viele Nächte ununterbrochen in einem Backofen» heiss zu halten, bis sie dann das reine Gold haben¹⁴².

Plinius der Ältere nennt einen «mit Mist [*fimum*] umstrichenen irdenen Topf [*fictile*]», allerdings nicht fürs Feuer, sondern zum Einweichen in Essig (*nat.* 34, 119).

Für die Spätantike sind einige Rezepte für Lehm-mischungen überliefert, die zum Schutz von Gefässen bei Einsatz im scharfen Feuer dienen. Ein Bezug zum archäologischen Befund wurde noch nie hergestellt.

- Um 300 n. Chr.: Rezept im Pap. Leidensis 24: «Goldüberzug, auch Optimierung des Goldglanzes. [Nimm] *mis*y, 4 Teile, Alaun, 4 Teile, Salz, 4 Teile, zerstoße [alles] in Wasser, überstreiche [damit] das Gold und bring es in den Ofen in einem Topf, der ringsum mit Lehm [oder Schmutz, Kot] überzogen ist (griech. nom.: *κεράμεον ἀγγεῖον περιπεπηλόμενον* *kerámeon angeion peripepelómenon*), bis die vorgenannten Zutaten verbraucht sind [eingewirkt haben], anschliessend nimm es heraus und wasche es mit viel Wasser und grosser Sorgfalt.»¹⁴³
- Etwa 4. Jh. n. Chr.: Rezepte 33 und 34 im Manuskript Parisinus 2419: «Anweisung für einen Überzug (griech. nom.: *πῆλὸς διδασκαλικός* *pelòs didaskalikós*). Der meisterliche Überzug wird so gemacht. Nimm reinen Lehm, Eiweiss, trockenen Ziegenkot; zerreibe alles zusammen, lass es ziehen (*ζυμώσας* *zymósas*) und verwende [es].» resp. «[Überzug] der Weisheit (*πῆλὸς τῆς σοφίας* [*pelòs tês sophías*]). Den Überzug der Weisheit mache so. Nimm reinen Lehm, zerstoße und reinige (*καθαρίσον* *kathárison* [von *καθαρίζειν* *katharízein*]) ihn. Nach dem Zerstoßen weiche ihn während eines Tages in Wasser ein. Anschliessend giesse das Wasser ab und gib zerkleinerten Ziegenkot zu, armenische Erdklumpen (griech. nom.: *ἀρμενικὸς βῶλος* *armenikòs bôlos*), geschlagenes Eiweiss, Blut eines Ziegenbocks und gebranntes Knochenpulver. Zerstoße alle Zutaten, durchmische [sie], mach daraus einen Teig (*ζύμη* *zýme*) und stelle es bereit.»¹⁴⁴
- Um 400 n. Chr.: Verschiedene Rezepte bei Zosimos von Panopolis, u. a. für Kitten zum Verbinden zweier Reaktionsgefässe. Als Zuschlagstoffe zum Lehm werden Mehl, Fett, Gips, Wachs(?) und «Pulver» (Staub, Kalk, Asche oder Sand?) verwendet¹⁴⁵.
- Aus dem 9. Jahrhundert gibt es bereits auch ein Rezept für eine Schutzschicht auf Glasgefässen: «Zubereitung eines raffinierten Überzugs, des sogenannten Philosophen-Überzugs. Nimm von gut gereinigtem Töpferton einen Teil, von gut gereinigtem Ziegelton einen Teil, von gereinigtem und getrocknetem Pferdemist einen Teil, das macht drei gleiche Teile. Vermenge die drei Substanzen und setze sie mit ein wenig Wasser an, bis sie sich gut verbunden haben. Gib ein bisschen pulverisiertes Stroh hinzu, knete durch und lass [es] trocknen. Wenn die Mischung trocken ist und du siehst, wie sie rissig wird, gib [erneut] Wasser bei und knete gut durch, bis sie nicht mehr reisst. Lass [sie] dann trocknen und bewahre sie auf. Wenn du [damit] ein Glasgefäss ummanteln willst, nimm von diesem Lehm die Menge die du willst und zerstoße sie; nimm Wasser und dieses Pulver und knete gut durch. Beschichte die untere Hälfte des Gefässes mit einer Dicke von zwei Fingern.». Codex Holkhamicus 109¹⁴⁶.

Die spät- und nachmittelalterlichen alchimistischen Rezepte

«Um die Lebensdauer von tönernen oder auch gläsernen Geräten zu erhöhen, die direktem Feuer ausgesetzt sind

141 In diesem Sinne auch von Osten 1998, 51 ff., am Beispiel der zahlreichen Gefässe aus Glas (Kolben u. a.) und Keramik (Tiegel) aus dem Alchemistenlaboratorium von Oberstockstall/A (z. B. Kat.-Nr. A54, A61, B91, B114, B115, C1 und C3). Eines der zahlreichen Glas-Lutum-Rezepte – aus dem 15. Jahrhundert – bei Oltrogge u. a. 1989, 212.

142 Diod. 3, 14, 3–4; Wirth/Veh/Nothers 1992, 210.

143 Halleux 1981, 91; ins Deutsche übertragen vom Autor, der Bruno W. Häuptli, Basel, für einen Kommentar zum griechischen Originaltext dankt.

144 Colinet 2010, 18. Auch hierzu danke ich Bruno W. Häuptli für die Lesung des griechischen Originaltexts.

145 Zitiert nach Thomas 2012, 250 f.

146 Colinet 2010, 20, Rezept H1; ins Deutsche übertragen vom Autor (Mithilfe Bruno W. Häuptli).

(z. B. Schmelztiegel, Destillationsgefässe), benutzte man im Mittelalter das so genannte *Lutum Sapientiae*, auch *Lutum Philosophorum* genannt. Lat. «*lutum*» bedeutet «Kot, Lehm, Schlamm, Dreck» oder «Ton-/Lehmerde»; lat. «*sapientiae*» ist der Genitiv Singular von «*sapientia*», dt. «die Weisheit»; zusammen also etwa «Lehm der Weisheit». Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus Lehm und verschiedenen organischen und anorganischen Substanzen. Die betreffenden Gefässe werden mit einer Schicht aus *Lutum* umgeben, also «lutiert».» Diese treffende moderne Charakterisierung verdanken wir der Gruppe «Werkburg» für Experimentelle Archäologie und Mittelalter¹⁴⁷. Michael Ibsen fährt fort: «Während der Benutzung des Gefässes verschleisst statt der Gefässausenwand das *Lutum* und schützt so das Gefäss. In archäologischen Funden ist *Lutum* selten nachzuweisen, da es nach dem Brand rasch zerbröselt. Ob und seit wann *Lutum* im Bronzeguss verwendet wurde, ist nicht bekannt. Die Rezepte für *Lutum Sapientiae* unterlagen im Mittelalter häufig der Geheimhaltung, jedoch sind einige überliefert.»

Und genau solchen alchemistischen Rezepten wollen wir uns zuwenden, um dem «*Lutum*-Vorgängermaterial» auf römischen Schmelztiegeln auf die Spur zu kommen. Zum Glück finden sich recht viele Rezepte zur Herstellung solcher Kitt- und Überzugsmassen für den besonders heissen Einsatz am Herd und im Schmelzofen¹⁴⁸, und Nicolas Thomas hat besonders ausführlich die historischen Quellen gesammelt und statistisch analysiert¹⁴⁹. Die Mischungen sind teils aufgeführt unter dem Namen *lutum sapientiae*, werden zum Teil aber schlicht als *lutum* bezeichnet. In einer Quelle der Zeit um 1500 wird auch darauf hingewiesen, dass man die dergestalt beschichtete Herdkeramik durchaus in den Ofen stellen kann, «bevor ... [das *lutum*] ganz ausgetrocknet ist»¹⁵⁰. In der frühen Neuzeit wurde unter «lutieren» (auch «loricieren») nur noch das Abdichten und Auskitten von Gefässen und Geräten aus Keramik und Glas, die starker Hitze ausgesetzt waren, verstanden¹⁵¹.

- Datierung unbekannt: «Nimm etwas Meisterlehm, d. h. Tonerde und Mist.»¹⁵²
- 1540: «Diese Kolben überzieht ihr mit *Lutum sapientiae* bis mindestens 3 Zoll unter der Verengung des Halses. Der Lehm soll überall in einer Stärke von zwei Fäden oder etwas mehr gleichmässig aufgetragen sein. Wenn ihr die Kolben so mit dieser gut gearbeiteten Schicht überzogen und verstärkt habt, trocknet ihr sie, wobei ihr darauf achten müsst, dass der Lehm keine Risse oder Sprünge hat, wozu die Lehmarten ihrer Natur nach oft neigen, auch wenn sie gut zubereitet sind. Unter diesen wählt man der grösseren Sicherheit halber einen mageren Lehm aus und vermischt ihn mit wenigstens ¼ der Gesamtmenge an Tuchscherwolle, etwa ⅓ Laugenasche und ¼ Dung von Eseln, Pferden oder anderen Tieren, deren Mist trocken ist. Diese Stoffe mischt man alle untereinander und schlägt sie gut mit einer Eisenstange. Das ist die Mischung, welche die Alchemisten *Lutum sapientiae* nennen, und damit bekleidet und verstärkt ihr den Boden eurer Kolben. Einige setzen auch Ziegmehl und Eisensinter zu. ...»¹⁵³.
- 1540: «Man vermenge mageren Lehm mit wenigstens ¼ der Gesamtmenge an Tuchscherwolle, etwa ⅓ Laugenasche und ¼ Dung von Pferden oder Eseln»¹⁵⁴.
- 1549: «*Lutum sapientie*. Njmm wolgereinigten leimen II theyl unnd roßdreck I theyl unnd ein wenig ziegel mæl und ysen fy-

leten [Eisen-Feilspäne], Gips oder kalch mit salz wasser unnd eyer klar» resp. «*Lutum sapientie*. Njmm haffner leymen, wol gebeert mit kü haar oder flocken oder roßdreck, Rinder plüt für wasser, ist gut ins fhür unnd ungelöster kalch. Salz wasser ist güt für das rysen oder spalten.»¹⁵⁵

- 1568: «Diese Eisentiegel belegst du in- und auswendig mit einer etwa halbfingerdicken Paste aus reiner Asche und lässt sie vollständig austrocknen, bevor du das Silber darein tust. Es wird auch Lehm mit Scherwolle benützt. Beides bewährt sich in vorzüglicher Weise.» resp. «Um deinem Gefäss einen Schutzmantel zu geben, nimm Pferdemist, Eisenspäne und Schamotterde in gleichen Mengen, vermischt mit Eigelb, und bestreiche deinen Kolben so dick damit wie es dein Herd erlaubt. Dann stelle ihn auf ein kleines, den Umständen gemässes Feuer.»¹⁵⁶
- 1580: «Nimm guten und fetten Lehm, schlämme ihn im Wasser, damit Steine und grober Sand ausgeschieden werden, forme ihn zu Ballen und lass diese in der Sonne gut trocknen. Nimm 10 Teile von diesem geschlammten Lehm, 2 Teile geschlammte Asche, 3 Teile abgeschäumten Rosskot, 1 Teil Hammerschlag und 2 Teile zerschlagene Kuhhaare, menge das alles untereinander, feuchte es mit frischem und noch warmem Ochsen- oder Schafblut an und mische es gut mit einem Bohreisen. Man könnte aber auch unter diesen Lehm kleingeriebenes venezianisches Glas nehmen, doch nicht zu viel.»¹⁵⁷

147 <http://www.werkburg.de/index.php?id=lutum> (18.01.2012).

148 Soukup / Mayer 1997, 129 f.; Brachert 2001, 158 (mit weiterer Lit.); Thomas 2001. – Zu den alchemistischen Symbolen und Zeichen für *lutum* siehe Gettings 1981, 160 f. – Weitere Quellen in den folgenden Anmerkungen.

149 Thomas 2012 (Die Arbeit war mir erst kurz vor dem Manuskriptabschluss zugänglich, weshalb die von N. Thomas, insbesondere in französischen Quellen des 16.–19. Jahrhunderts, gesammelten Rezepte hier nicht mehr integriert wurden).

150 Bartl u. a. 2005, 217.

151 Bartl u. a. 2005, 217 (Quelle um 1500); 711; Krünitz 1773–1858, Bd. 39, 270–273. – Bei Bersch 1899 ist der Begriff (*Lutum*, Lutieren) bereits verschwunden. – Entsprechende Rezepte sind sogar aus dem alten China überliefert: Needham u. a. 1980, 129 («Take equal parts of these six substances: left-oriented oyster-shell from Tung-hai [Chiangsu], kaolin from Wu commandery [Chiangsu], mica powder, earth turned up by earthworms, talc, and alum. This mixture is the famous six-one lute [*liu i ni*], which is specified in almost every elixir formula, with minor variations in ingredients, for coating reaction vessels and sealing the junctions between vessels and covers.»).

152 *Recipe ex luto magisterii videlicet ex argila et ex sterquore*. Zitiert nach Thomas 2006, 49 f. (Manuskript: Paris, Bibl. nat., nouv. acq. lat. 1293, f° 66). Ich danke an dieser Stelle Nicolas Thomas für seine Auskünfte zu verschiedenen Quellen und Publikationen (E-Mail vom 15.10.2012) sowie Bruno W. Häuptli für die Übersetzung (E-Mail vom 05.01.2013).

153 Biringuccio 1540, 64 und 64v, zitiert nach Johannsen 1925, 217 f.; Thomas 2012, 267 Anm. 67 Abb. 7 und 8. – Für Suchhilfe in der Originalpublikation von 1540 danke ich Rudolf Känel.

154 Biringuccio 1540.

155 Boltz 1549, 295 und 296; Benziger 1549, 122–124 (insgesamt vier *Lutum*-Rezepte). Zitat nach der Basler Ausgabe: Online: <http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-5578> (09.02.2012).

156 Cellini 1568. Ich stütze mich auf die praxisbezogene Ausgabe des Goldschmiedemeisters Max Fröhlich: Fröhlich 1974, 74 (Kap. XX) resp. 97 (Kap. XXXV).

157 Ercker 1580, 144 (ein zweites Rezept S. 146 nennt u. a. auch Drachenblut, *Bolus Armeni*, ungelöschter Kalk, Eiweiss sowie «Scherwolle von Barchent oder Abgeschabtes von Tüchern»).

- 1597¹⁵⁸, Rezept für Glasgefäße: «Gefäße, die starken Feuer ausgesetzt sind, pflegt man mit dem so genannten Lehm der Weisheit (*lutum sapientiae*) zu inkrustieren, und zwar dünner oder dicker, je nach der Stärke des Feuers und der Verweildauer darin.» Als Bestandteile des *Lutum* für Glasgefäße nennt Libavius: «zäher Ton, gewöhnlicher Lehm, Bolus [Kaolinerde], Kalk aus Gips, Marmor, Kieselsteine, Eierschalen usw., zerstoßenes Glas, Sand, Eisenfeile [Späne], Eisenhammerschlag, Bleiglätte, Mehl, zerriebene Ziegelsteine, Schwefel, Bleiweiss, Käserinde, Drachenblut, Kupferrost, Wolle, Stopfwerk [*tomentum*, Polstermaterial], Papier, Mist von Pferden, Eseln usw. [durch Kochen abgeschäumt und getrocknet], Ochsenblut, Eiweiss, Leim, flüssiger Firnis, Lauge, Salzlake, Honig, Öl, Wachs, Colophonia, Mastix, Pech, Weihrauch, Lack, in fauligem Wasser gekochter und abgeschäumter Alaun und anderes mehr, wie es der Augenblick gerade anbietet ...».
- 1597, Rezept «für Scherben oder Tontiegel: Stosse einen Teil fetten, ausgewaschenen und getrockneten Ton, die Hälfte Ipsea Bavarica (oder das Pulver von zerbrochenen Tiegeln), je ein Achtel zerriebenen Kiesel und zerriebenes Glas, treibe sie zusammen durch ein Sieb und mische, siebe nochmals und forme nach Zugabe von Wasser den Lehm zu Scherben. Man macht ferner eine besondere Komposition für die Tiegel der Metallöfen. Man knetet nämlich die Erde oder den Lehm mit einer eisernen Stange gut durch, mischt mit Kohlenmehl, das durch ein Sieb getrieben wurde, und macht mit einer Flüssigkeit einen Teig an.»
- 1. Hälfte 16. Jh.: «*lutum*: die massa, aus der die stehenden chymischen Öfen gemacht werden; man mengt zwei Teile Lehm und einen Teil Pferdemit, und wenn das fault, wird es geschmeidig, dass man es wie Ziegel binden kann.»¹⁵⁹
- nach 1686: «*Lutum sapientiae*. Lehm der Weisheit, mit Mastix-Harz herzustellen. Raymund. – Mit Gips und Eiweiss oder Mehl und Eiweiss. Arnold. Aus Mehlstaub, der mit Eiweiss gebunden [?] ist. Raymund. – Aus Wachs. Anonymus. – Mit Weihrauch oder weichem Mastix-Harz oder ungelöschtem Kalk und Eiweiss. Raymund. – Mit Rindermist, ungelöschtem Kalk, Eiweiss und Glaspulver, zu gleichen Teilen gemischt. Plinius.»¹⁶⁰
- 1689: «*Lutum Sapientiae*, damit man die destillier Helmen verkleide ... Nimm 2. Loth Kreiden, 2. Lothen Weizen-Mehl, zwey Loth venedisch Glass, ein Loth Ziegelmehl, ein wenig Scheerhar von Barchent, und mache es alles zu Puder, mache es mit Eiweiss dünne wie einen Brey, und schmiere es auff die Fugen der Gläser ...»¹⁶¹
- 1697: «Die *Luta* zu machen, so man zu Umschlagung der Tiegel und Kolben gebraucht. No. 1. Die *Luta* werden gebraucht, die Gefäße darmit zu umschlagen, umb den Auslauff der geschmolzenen Metallen zu verhüten, und wird der beste gemacht aus 6. Theil des trucknen und mageren Thons, 3. Theil Tuschscheer-Haare, 3. Theil klein geriebenen Sandes, 1½ Theil eisernen Hammerschlag, ½ Theil reines Ross-Mistes, welches mit Wasser zu einem Teige wohl unter einander gemengt werden muss. N.B. Es werden auch hieraus starke Schmelz-Tiegel.»¹⁶²
- 1738, erstes Rezept: «*Lutum*, die Tiegel im Feuer beständig zu machen: Man nimmt Talck und Kreide, von einem so viel als von dem anderen, stösset diese beyde wohl untereinander, machet sie alsdenn mit Eier-Weiss an, oder mit Wachs zu einer Masse, bestreicht die Tiegel inwendig und auswendig wohl damit, lasset sie hernach gelinde glühen und endlich wiederum erkühlen.»¹⁶³
- 1738, viertes Rezept: «*Lutum Sapientiae*. Nehmet Sand, Eisen-Schlacken, pulverisirten Thon, jedes fünf Pfund, Ross-Mist, oder klar gehackte Scheer-Wolle, ein Pfund [um 420–500 Gramm], pulverisirt Venedisch Glas, Meer-Salz jedes acht loth [ca. 15–17 Gramm]; Mischet es mit einander und machet daraus eine Masse, mit welcher man die Gläser und Retorten bis mitten an den Hals überziehet und sie hernach im Schatten trocknen lasset, damit sie in dem Reverberier-Ofen [Flammofen] die Hitze des Feuers desto besser ausstehen mögen.»
- 1738, fünftes Rezept: «*Lutum Sapientiae*, derer Retorten, bey Destillirung starcker Spirituum. Nehmet gemeine fette Erde, temperiret solche mit Salz-Wasser oder Ochsen-Blut, thut dazu wohl

ausgeklopffte Kuh-Haare, ferner ein wenig des *Capitis mortui* vom Scheide-Wasser aus Kupfer-Wasser, Salpeter und Alaun, pulverisiret es, so ist es fertig.»

- 1738, fünf weitere *Lutum*-Rezepte, mit Erwähnung weitere Zuschlagstoffe (s. unten).
- 1744: «Ein *Lutum* zum Tiegeln. Nimm guten tonigten Lehm, der nicht sandig ist, etliche Hände voll Aschen, Salz, Scheer-Wolle, und Rinds-Blut, feuchte es mit Lauge an.»¹⁶⁴
- 1748 (ohne Rezept): «*Lutum*, bey den schmelz-künstlern ein zugerichteter leim oder thon oder kitt, womit sie die gläser und retorten verlutiren, d. i. verschmieren, und ihre brüche wieder dicht machen. Die feinste art davon wird *Lutum Sapientiae* genennet. ...»¹⁶⁵
- 1765: «Le *lut* à cuirasser les vaisseaux ... est diversement décrit dans presque tous les auteurs: mais la base en est toujours une terre argileuse, dans laquelle on répand uniformément de la paille hachée, de la fiente de cheval, de la filasse, de la bourre, ou autres matieres analogues, pour donner de la liaison au *lut*, l'empêcher autant qu'il est possible, de se gerser en se dessechant. L'addition de chaux, de sable, de limaille de fer, de litarge, des sang, & c. qu'on trouve demandés dans les livres, est absolument inutile. Une argille quelconque, bien pétrie avec une quantité de bourre qu'on apprend facilement à déterminer par l'usage, & qu'il suffit de déterminer fort vaguement, fournit un bon *lut*, bien adhérent, & soutenant très-bien le feu.»¹⁶⁶
- 1787: «Der Kitt, womit man die gläsernen und irdenen Kolben oder Retorten beschlägt oder überzieht, muss ungefähr aus gleichen Theilen Sand und unschmelzbarem Thone bestehen. Man verdünnt diese Materien mit Wasser, mischt sie gut durch einander, und setzt etwas gezupfte Reh- oder Kälber-Haare hinzu, die man ebenfalls gut darunter mengt. Aus diesen Materien macht man einen etwas flüssigen Teig, womit man die Gefäße schichtweise bis zu einer solchen Dicke, als man für nöthig erachtet, überzieht. Der grobe Sand, den man mit den Thone vermischt, ist in diesem Klei-

158 Libavius (1560–1616) 1579, in der Ausgabe und Übersetzung des Gmelin-Instituts 1964, 3 (erstes Zitat); 4 (zweites Zitat); 272 (drittes Zitat); Soukup / Mayer 1997, 130 Anm. 332 (erstes Zitat).

159 Nach dem hermetisch-paracelsischen Wörterbuch: Peuckert 2010, 411–424 bes. 418.

160 Isaac Newton, Two alchemical treatises (eines unvollständig; nach 1686) and a collection of short extracts from various alchemical sources (Manuskript im King's College, Cambridge / GB): *Lutum sapientiae. Lutum sapientiae cum mastice preparandum. Raymund in Th. Ch. v. 4 p. 181. cum gypso et albugine ovi vel farina et albumine ovi Arnold in Th. Ch. v. 4. p. 550. et in Arte Aurif. part. 3. p. 160. Ex flore farinae albuminibus ovorum distemperato. Raymund in Th. Ch. v. 4. p. 141. Ex cera Anonym. in v. 3 Th. Ch. p. 13. cum olibano vel mastice molli vel viva calce et Ovorum albumine. Raymund. de quintessentia p. 25. cum bolo armeni, calce viva claro ovorum et pulvere vitri aequaliter mixtis Plinius Philos in Th. Ch. vol 6 p. 478. Morien. Rom. p. 33. Text nach Indiana University Digital Library, http://webapp1.dlib.indiana.edu/newton/indexChemicus/pages/item_d1e26980.html (18.01.2012). Ich danke Bruno W. Häuptli für die Übersetzung (E-Mail vom 05.01.2013). – Ähnliche *Lutum*-Rezepte von I. Newton in <http://webapp1.dlib.indiana.edu/newton/> (06.01.2013, ebda. Textsuche «*Lutum*»).*

161 Fachs 1689, Kapitel 48, 66f. (leicht abweichender Wortlaut bei Soukup / Mayer 1997, 130 Anm. 333). Ein weiteres *Lutum*-Rezept zur Verkleidung eiserner Probieröfen ebda. 136f.; Soukup / Mayer 1997, 130.

162 Schindler 1697, 8f.

163 Die folgenden Zitate nach Zedler 1732–1754, Bd. 18 (1738), 698.

164 G. H. 1744, 104.

165 Jablonski 1748, 623.

166 Diderot / d'Alembert 1765, 754–756 bes. 755.

bewerke nöthig, um die Spalten und Ritzen zu verhindern, welche die grosse Umfangs-Verminderung verursacht, die der Thon, wenn er rein ist, bey seinem Eintrocknen allezeit leidet. Die Haare dienen gleichfalls zur Verbindung der Theile dieses Kleibewerkes, und zur Festhaltung desselben an den Gefässen. Denn ungeachtet man den Sand mit hinzu setzt, entstehen doch allezeit einige Risse, welche die Ursache sind, dass das Kleibewerk sich zuweilen stückweise los begibt.»¹⁶⁷

- 1977: Überliefertes Wissen alter Gelbgiesser und neue Experimente im Kameruner Grasland beschreiben die Verbindung der Tiegel mit den Gussformen folgendermassen: «After the metal pieces have been placed in the crucible, a special mixture of the best, meaning the most 'powerful', unsifted earth, mixed with about the same amount of unsifted horse dung must be made and used for closing up the crucible. This last step is most important.»¹⁶⁸
- 21. Jahrhundert: «Wir experimentieren mit einer Mischung aus handelsüblichem Ton, ½ frischem Pferdedung, ¼ Sand zur Magerung und ⅓ Mehl. Die Mischung wird mit Wasser streichfähig gemacht. Die Mengenangaben beziehen sich auf das Volumen.»¹⁶⁹

Die Zuschlagstoffe im Lutum

Externe und eigene Analysen haben ergeben, dass in der äusseren, verschlackten Schutzschicht im Gegensatz zur inneren Tiegelkeramik in der Regel folgende Elemente *übervertreten* sind¹⁷⁰: Kalzium, Eisen, Natrium und Kalium; in Augst auch Schwefel und Phosphor (dazu ausführlich unten S. 49 und 120f.).

Diese Zuschläge zum Teil organischer Stoffe, erkennbar an den in grosser Hitze gebildeten Poren, sorgten für eine hohe Porosität des Überzugs und halfen, eine gute Isolation zu erlangen sowie Schwundrisse und Hitzesprünge zu vermeiden.

Unsere eigenen Versuche mit historisch überlieferten Rezepten haben gezeigt, dass die *Lutum*-Überzüge in der Regel erst über etwa 1020°C zu schmelzen und aufzuschäumen beginnen (ausführlich S. 196 ff. mit Abb. 115).

In all diesen Materialien unterscheidet sich die Schicht des Überzugs von der Keramik des getöpferten Tiegels, was auch aus den Analysen des mittelalterlichen Materials von Melle/F ersichtlich ist.

Eine weit verbreitete Technologie

Wie wir vorher gesehen haben, waren Kenntnisse zur Herstellung eines *Lutums* zum Schutz und zur Erhöhung der Hitzebeständigkeit von Schmelztiegeln und anderem Laborgerät erstmals in der ägyptisch-griechischen Antike – wahrscheinlich aber nur punktuell – vorhanden und angewendet worden. In den römischen Giessereien des 1.–3. Jahrhunderts n. Chr. in Gallien und Germanien war das Anbringen eines *Lutums* auf den Schmelztiegeln dann aber fast die Regel. Im europäischen Mittelalter wurde dieses *Lutum* resp. «*Lutum sapientiae*» offenbar wieder erfunden resp. erneut als hilfreich erkannt und standardmässig in den Giesswerkstätten und Laboratorien angewendet – zunehmend auch auf Glasgefässen.

Aber nicht nur in Europa lässt sich diese Technik nachweisen. Sie war offenbar auch in *Asien* bekannt und – wie so oft bei naheliegenden Erfindungen – wohl auch verschie-

denenorts und zu verschiedenen Zeiten unabhängig voneinander entwickelt worden. So überliefert zum Beispiel Abu Bakr Muhammad ibn Zakariya ar-Razi (865–925, genannt «Al-Razi»), ein arabischer Autor, um 900 n. Chr. folgendes Rezept, das im Mittelalter ins Lateinische übersetzt und kommentiert worden ist¹⁷¹:

- «Du nimmst reinen, roten oder weissen, zähen Ton, frei von Steinen, breitest ihn an einem sauberen Ort aus und spritzest mehrmals Wasser darauf, bis er [hinreichend] durchtränkt und gelöst ist und seine Teile so [dünnflüssig] sind, dass die Hand sie nicht mehr fühlt. Darauf lässt du ihn stehen, bis er [wieder] trocken ist, dann pulverst du ihn wie es die Krugmacher tun, und siebst ihn durch ein Mehlsieb und pulverst ihn im Mörser und siebst ihn durch Seide oder durch ein Haarsieb oder ein Mehlsieb; dann tränkst du ihn mit Wasser, worin Reiskleie aufgeweicht wurde, die vom Mehl ausgezogen ist. Knete [den Ton] dann gründlich und lass den Teig einen Tag und eine Nacht lang rotten. Du nimmst dann reinen Reis und siebst ihn durch ein grobes Haarsieb, so dass von ihm aller Staub herausfällt; dann siebst du ihn mit einem feinen Sieb, und nachdem du ihn [nochmals?] zerstoßen hast, mischest du ihn mit ebensoviel von dem gerotteten Ton, dazu auf jedes Pfund [*ratl*] das Gewicht von zehn Dirham Speisesalz, und ebensoviel Reis, und ein Drittel Pfund gepulverte, durch Seide gesiebte Tonscherben und eine Hand voll Tierhaare, so klein wie möglich geschnitten. Lässt du dies drei Tage stehen und wendest es dann an, so ist es das beste, was es von Kunstlehm gibt. Und bei Gott ist der Erfolg.»

Der Forschungs- und Publikationsstand ist zwar gering, doch in *Indien* ist diese Technik einer separaten äusseren Schutzhülle von Schmelztiegeln ebenfalls belegt. Im Museum von Sarnath/IND bei Varanasi wird ein *mittelalterlicher* Schmelztiegel konischer Form aufbewahrt, der eindeutig lutierte ist. Das Lutum ist stellenweise abgeplatzt¹⁷². Auch im neuzeitlichen Indien ist die Technik gelegentlich anzutreffen. Für die Giessereien in Balidewanganj in Westbengalen wird die Tiegelherstellung wie folgt beschrieben: Fetter Lehm wird im Verhältnis 3:1 mit Reiskleie gemischt

167 Krünitz 1773–1858, Bd. 39 (1787), 270 f.

168 Knöpfli 1997, 34.

169 Arbeitsgruppe Werkburg, D-64285 Darmstadt, Michael Ibsen (Anm. 147).

170 Telle/Thönnissen 2006, 79 f.; Thomas 2006, 52 Tab.2; König/Serneels 2013, Tab. 2 (s. unten Anm. 181); Messungen Markus Helfert, unten S. 49 und 197; Tabelle 1.

171 Al-Razi, Geheimnis der Geheimnisse (in der Übersetzung von Ruska 1935, 153–239. Onlineausgabe: <http://juliusruska.digilibrary.de/q220/q220.pdf> (16.03.2012); Ruska 1937, 60 f. und bes. 96 (Onlineausgabe: <http://juliusruska.digilibrary.de/q231/q231.html> [16.03.2012]); Thomas 2012, 251 f. – Generell auch Wiedemann 1984, 301: «... in einem mit Lehm bestrichenen Krug», Anm. 1: «*Mutajjan* heisst «mit Lehm überzogen»; in älterer Zeit und noch im Anfang des 19. Jahrhunderts wurden vielfach Retorten mit einer Lehmschicht überzogen, um sie beim Erhitzen gegen eine ungleichförmige Erwärmung und ein Zerspringen zu schützen.»); Newman 1983, 87 (*argilla artis, lutum sapientiae*).

172 Augenschein des Autors 2014, Tiegelhöhe geschätzt ca. 15 cm. Publiziert (jedoch mit abweichender Höhe) in Sahni 1914, 299 («F [b] 450. Crucible [ht. 2"] of medieval date. Found in 1907–08»; nicht abgebildet).

und von Hand aus dem Klumpen ein becherförmiger Tiegel von rund 13 cm Durchmesser geformt. Sein Rand wird anschliessend mit einem weiteren Lehmposten auf rund 15 cm oder etwas mehr erhöht – je nach notwendiger Metallmenge. Danach wird der ganze Tiegel mit einer Kuhdungbrühe bedeckt und getrocknet. Darüber folgt eine weitere Schicht aus dem Lehm-Kleie-Gemisch. Dadurch können die Tiegel mehrfach verwendet werden und das Schmelzfeuer würde lediglich die äussere Schicht angreifen; «the inner coat is preserved by the cowdung vernish»¹⁷³.

Aus China scheint der älteste Beleg einer äusseren lehmigen Verschleisschicht mit niedrigerer Schmelztemperatur zu stammen, nämlich bei einem vollständig überzogenen Tiegelofen für Kupferlegierungen aus Zhenzhou aus der Shang-Dynastie (16.–11. Jh. v. Chr.)¹⁷⁴. Nebst solchen archäologischen Zeugnissen nennen *schriftliche Quellen* Rezepte für das chinesische *liu i ni* (*Lutum*) mit den sechs Bestandteilen «left-orientated oyster-shell from Tung-hai (Chianngsu)», Kaolin, Glimmerpulver, «earth turned by earthworms», Talk und Alaun. Mit «*Liu i ni*» ist das oft zitierte «Sechser-*Lutum*» gemeint, «the famous six-one lute, which is specified in almost every elixir formula, with minor variations in ingredients, for coating reaction vessels and sealing the junctions between vessels and covers»¹⁷⁵.

Bisherige archäometrische Untersuchungen des Lutums

Bisher wurde zwar oft über Zusammensetzung, Hitzebeständigkeit und Nutzen der äusseren Lehmsschicht auf Schmelztiegeln gemutmasst (s. oben), sie wurde aber kaum je detailliert untersucht und analysiert oder gar rekonstruiert.

Zu den Ausnahmen zählen die Arbeiten von Rainer Telle am Institut für Gesteinshüttenkunde der RWTH Aachen/D an römischem Tiegelmateriale aus Neuss/D (Abb. 44, 19)¹⁷⁶. Thermodynamische Berechnungen ergaben, «dass die Keramik des Innentiegels zwischen 1000 und 1300 °C langsam erweichte, während das Material der Aussenschale bereits bei etwa 970 °C zu 70% flüssig war». Wie diese rasch fliessende und verklebende Aussenschale zusammengesetzt war, wird zwar beschrieben (u.a. mit Quarzkörnern und angeschmolzenen Einschlüssen aus Tonmineralien), aber nicht als «Rezept» rekonstruiert.

Auch Andreas Hauptmann und Gerd Weisgerber haben sich mit dieser äusseren Tiegelschicht anhand der Funde aus Walheim/D befasst und von vier Tiegeln sowohl die innere als auch die äussere Schale analysiert. Sie kommen, entgegen den Untersuchungen von R. Telle, zu einem anderen Schluss: «Der Chemismus sowohl der Aussen- als auch der Innenwandung ist, was die Hauptkomponenten betrifft, identisch, d. h. für beide Schalen wurde derselbe Ton verwendet. ... Offenbar ist aber [für die äussere Tiegelschicht] keine spezielle Tonsorte verwendet oder zusammengemischt worden, die zu einer thermisch stabilen,

feuerfesten Keramik führte.» Die Autoren räumen bloss ein: «Unterschiede zwischen Aussen- und Innenschale ergeben sich jedoch in den Konzentrationen einiger Spurenelemente.» Mit Signifikanz und Stetigkeit betrifft dies aber nur Kupfer, Blei und vor allem Zink, die in der *inneren*, getöpferten Tiegelkeramik sehr stark angereichert sind (in geringem Ausmass auch Phosphor). Dies ist jedoch auf das Schmelzgut und nicht auf eine mögliche Abweichung zwischen den beiden Tonmänteln zurückzuführen¹⁷⁷.

Die jüngste Ausnahme bilden die Arbeiten von Daniela König, die sich im Rahmen einer Dissertation bei Vincent Serneels am Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg i. Ü./FR mit römischen Tiegeln aus Autun/F, Xanten/D, Avenches/CH und Augusta Raurica befasst hat. Sie kommt aufgrund der 18 untersuchten Tiegelfragmente aus Autun zum Schluss, dass beide Tiegelschichten aus hitzebeständigen kaolinitischen Tonen hergestellt, aufgrund ihrer chemischen und petrografischen Eigenschaften aber grundverschieden sind: Die Matrix der äusseren Schicht ist in der Hitze verschlackt und bildete primären Mullit (= Umwandlungsprodukt von Kaolinit bei über 1200 °C) und Analcim (= Zeolithmineral, das ein Entglasungsprodukt von natrium- bzw. kaliumreichen Gläsern ist und sich sekundär bei der Bodenlagerung gebildet hat). Die innere Schicht der untersuchten Tiegel aus Autun ist nicht verschlackt, enthält aber dennoch primären und sekundären Mullit nebst β -Cristobalit (welcher bei Brenntemperaturen über 1380 °C aus Quarz gebildet wurde) und

173 Mukherjee 1978, 306 (Zitat) und 308 (In Nabadwip werden sogar normale Töpfe aus gebranntem Ton auf dem Markt besorgt und vom Metallhandwerker «zur Verstärkung» [ähnlich wie bei unserem Stück **T872**] mit einer äusseren Lehmsschicht überzogen. Die Zusammensetzung der Lehmsschicht wird nicht angegeben.).

174 Zishu 1998, 110 (zitiert nach Thomas 2006, 50 [diese Publikation war dem Autor nicht zugänglich]. Nicolas Thomas schreibt dazu: «C'est intéressant ... pour montrer que ces pratiques ne sont pas seulement occidentales.» (E-Mail vom 15.10.2012); Wagner 2008, 148 f. Abb. 67 und 68 («bronze-melting furnace ... plastered inside and out with straw-tempered clay for fire-resistance and insulation»; erhalten ist der noch 32 cm hohe konische Unterteil, über dessen obere Bruchkante *Lutum* geflossen zu sein scheint. Die Wanddicke ca. 3,5 cm, die äussere Verschleisschicht 2–3 cm).

175 Needham 1976, 133; Needham u.a. 1980, 219 mit Anm. c (den ersten Hinweis verdanke ich Urs Werner).

176 Zitiert nach Nielen 2006, 43 ff. Abb. 39; 40. Weitere Ergebnisse dieser Untersuchungen siehe unten mit Anm. 479.

177 Hauptmann/Weisgerber 2004, bes. 545 Tab. 1 und 2 (547 wird ergänzt: «Aus werkstoffkundlicher Sicht, z.B. zur Verbesserung der thermischen Stabilität, gibt es für die Doppelschalung keine befriedigende Erklärung.» Mögliche Verbesserung der Tiegeleigenschaften mit einer äusseren zweiten Tonschicht [wie höhere Thermoschockresistenz, bessere Rissbeständigkeit und Verklebungseffekt bei Rissbildungen] werden zwar aufgeführt, doch letztlich wird die äussere Schicht als Rest einer festen Tonverbindung der Tiegel mit der Gussform interpretiert, wie sie heute noch in Gelbgieessereien in Westafrika angewandt wird).

α -Quarz (Magerung). In den meisten Stücken konnte zudem innen eine keramische «Engobe» nachgewiesen werden, die in ihrer Zusammensetzung der Keramik der äusseren Lage entspricht¹⁷⁸.

(siehe unten Kapitel «Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Schmelztiegeln»)

Rekonstruktion der Herstellung des Lutums

Vorgaben aus überlieferten Rezepten

Für das *Lutum*, die äussere Schutz- und «Verschleisschicht» auf den eigentlichen, getöpften Tiegeln, musste ein Lehmgemisch gefunden werden, das plastisch verformbar ist und auf die Tiegeloberfläche aufgetragen werden kann, das in der Hitze des Gussfeuers halbflüssig und zähklebend und nicht spröde wird und das sich im Idealfall eng mit dem Tiegelmateriale verbindet. Gesucht war ein keramisches Tongemisch, das zwischen 700 und 1000 °C zähflüssig wird und verschlackt.

Der Schmelzpunkt eines Töpfertons kann durch Zugabe von Soda (Natriumcarbonat, Na₂CO₃)¹⁷⁹ resp. Eisen¹⁸⁰ gesenkt werden. Lehm mit Sand, Soda und Asche verschmelzen in der Hitze und können glasartig-glänzende Massen resp. Oberflächen ergeben.

Vorgaben aus Fundbeobachtungen und Analysen

An mehreren Tiegeln aus Autun / F sind die innere Tiegelkeramik und das äussere *Lutum* separat untersucht und analysiert worden¹⁸¹. In den meisten Fällen enthält die äussere Schicht *mehr Eisen* (und auch *mehr Kalzium*) als die innere und in *allen* 14 Doppelanalysen-Fällen *mehr Natrium und Kalium*. Diese hohe Stetigkeit zeigt, dass der äusseren Schicht Kalzium, Natrium, Kalium und Eisen als *Flussmittel* zugesetzt worden sind. Dies kann auf Zugabe von einem oder mehreren bisher nicht genau identifizierten Zuschlagstoffen zurückgeführt werden. Da keine Sedimentreste oder Bereiche mit erhöhtem Phosphatgehalt identifiziert werden konnten, kann keine genaue Aussage getroffen werden. Dies könnte möglicherweise auf die *absichtliche Zugabe von Holzrasche*¹⁸², *Salz oder Soda sowie Eisen-Feilspänen oder -Hammerschlag* und allenfalls von *Quarzpulver* zurückzuführen sein, genau wie es in den späteren Rezepten empfohlen wird!

Dies macht u. a. auch eine vergleichende Analyse von Marcos Martín-Torres und Thilo Rehren an einem renaissancezeitlichen Schmelztiegel mit *Lutum*-Überzug deutlich: *Kalzium, Kalium, Magnesium, Phosphor und Mangan* sind in der äusseren Schicht übervertreten, und nur beim Eisen verhält es sich überraschenderweise umgekehrt¹⁸³.

Nicolas Thomas konnte von elf mittelalterlichen Tiegeln den keramischen Kern und von vier Exemplaren das *Lutum* analysieren¹⁸⁴. Die Mittelwerte ergeben eine relative Anreicherung von *Kalzium(!)*, *Mangan*, *Eisen* und in gerin-

gerem Mass von *Magnesium* im *Lutum* gegenüber der Tiegelkeramik und einen umgekehrten Trend für Kalium.

Diese externen Ergebnisse decken sich bezüglich *Kalzium* und *Phosphor* (aber auch *Schwefel*) mit unseren eigenen Analysen (dazu unten S. 157 im archäometrischen Abschnitt «Untersuchungen an den äusseren Überzügen [*Lutum*]»).

Die auf den Tiegelschlacken zu beobachtende vielfältige *Farbpalette* ist auf die absichtliche oder zufällige Beimengung kleinster Mengen von Metallsalzen zurückzuführen, die – wie in einer Keramikglasur – unterschiedlichste Farben erzeugen (vgl. dazu Abb. 5 und 6). Es erstaunt daher nicht, dass unsere *Lutum*-Testmischungen bei über etwa 1100 °C zwar verschlacken und oberflächlich verglasen, aber infolge fehlender Metalle im Test keine solchen Farbflecken von Metallverbindungen aufweisen (Abb. 115: Ausnahmen mit Verfärbungen: *Lutum* 4, 6, 9, 11 und 17).

Rekonstruktionen und experimentelle Beobachtungen

Die Rekonstruktion von *Lutum*-Lehmmischungen und ihre Anwendung als schützender Überzug auf Schmelztiegeln werden in den Experimenten 3 und 4 dargestellt (unten mit Abb. 115 und Tabellen 4 und 7).

Antike Reparaturen am Lutum

Am Material von Augusta Raurica fiel – relativ selten allerdings – auf, dass über der ersten äusseren *Lutum*-Schicht eine zweite aufgetragen wurde (Beispiel Abb. 51 [T580]; Taf. 22, T583). Dies könnte als *Ausbesserung* gedeutet wer-

178 König/Serneels 2013 (Autun/F); König 2014 (Autun/F, Xanten/D, Avenches/CH und Augst/BL). – Ich danke Daniela König für die kritische Durchsicht dieses Manuskriptabschnitts.

179 Für Hinweise zur Töpferei und zum Verhalten von Lehmen danke ich Christine Pugin.

180 Freundliche Hinweise von Hannes Weiss (mündlich) und Thilo Rehren: «Ich danke (!), dass die Metallhandwerker einfach Lehm aufgesammelt haben und nicht weiter zubereiteten – durch die normalen natürlichen Eisengehalte schmelzen ja die meisten Tone schon bei 1100 °C, und wenn dann noch ein wenig Holzkohle-Asche dazu kommt sind wir schnell bei den normalen Arbeitstemperaturen. ... Ich danke also, dass einfacher lokaler Ton verwendet wurde, der an sich hinreichend schnell schmilzt, zumal es ja auch nur so ungefähr auf das Erweichen und Verkleben ankam, was ein fließender Übergang ist, kein «Schmelzpunkt» im strengen Sinne. ... Ich kann und will aber nicht ausschliessen, dass auch Hammerschlag aufgegeben und eine Handvoll dem Ton beigemischt wurde – Eisenoxid ist das beste Flussmittel, das ich mir hier vorstellen kann.» (Mitteilung vom 11.04.2012).

181 König/Serneels 2010 (Kalzium!); König/Serneels 2013, Tab. 2.

182 Eine künstliche Zugabe von Holzrasche wird aufgrund erhöhter Kalziumwerte im *Lutum* auch von Thilo Rehren postuliert (mündliche Mitteilung vom 28.03.2014).

183 Martín-Torres/Rehren 2002, 96 f. Tab. 1.

184 Thomas 2006, 52 Tab. 2.

den, nachdem die erste Schicht beim Einsatz im Feuer zu flüssig geworden war und der Tiegel bei späterem Gebrauch Schaden genommen hätte¹⁸⁵.

Die mehrfach bezeugte Existenz einer zweiten *Lutum*-Schicht auf römischen Tiegeln aus Autun / F führte Daniela König zum selben Schluss. Sie hat beide verschlackten äusseren Schichten separat analysiert und stellt fest, dass sie sich zwar morphologisch unterscheiden lassen, in ihrer Zusammensetzung jedoch beinahe identisch sind, und interpretiert den Befund als Hinweis auf eine mindestens zweifache Verwendung der Tiegel¹⁸⁶.

Das Lutum und die Feuerführung im Schmelzherd

Unsere Experimente mit rekonstruierten *Lutum*-Mischungen auf Tiegeln römischer Machart im Holzkohle-Schmelzfeuer zeigten, dass *unterschiedliche Hitze und Feuerführung* zu unterschiedlichen Strukturen, Farben, Oberflächen und Haftungen an der Tiegelkeramik führen (Abb. 115 und Experiment 4, S. 206 ff.).

Ein Vorbrand des *Lutums* vor dem Tiegeleinsatz mit einer Metallschmelze löst den Belag eher ab (Abb. 119,3), bringt überhaupt keinen Nutzen und ist daher gar nicht nötig.

Bei einseitiger Hitze, zum Beispiel wenn der Luftstrom vom Blasebalg regelmässig und immer von derselben Seite in die Glut und an die Tiegel geblasen wird, verhält sich das *Lutum* so, dass es an der heisseren, stark durch die Gebläseluft angefachten Seite eher schmilzt und sich sehr gut mit der Tiegelkeramik verklebt. Auf der «Rückseite» werden diese Temperaturen nicht erreicht, und das *Lutum* fällt dort nach dem Erkalten eher wieder vom Tiegel ab (Abb. 118; 132; 147). Stehen mehrere Tiegel zu dicht beisammen, können ihre *Lutum*-Überzüge sogar miteinander verschmelzen (Abb. 123 und 131). Diesbezügliche Spuren an den Originalen wurden allerdings nicht beobachtet.

Unsere römischen *Originaltiegel* zeigen bezeichnenderweise Spuren eines viel erfahreneren Einsatzes in den Giessereien, als wir es laienhaft in den Experimenten zustande brachten: Die Originale zeigen nicht oft ein einseitiges Abblättern des wenig gebrannten *Lutums* als Folge unregelmässiger Luft- und Feuerführung (zu diesen Ausnahmen gehören Taf. 1, **T10**; 2, **T22**; 8, **T211**; 9, **T228**; 10, **T258**; **T262**; 11, **T277**; 12, **T289**; 13, **T446**; 15, **T474**; **T475** usw.). Der Regelfall ist ein *perfektes Lutum von gleichbleibender Struktur* und Haftung vom Rand bis zum Boden (z. B. Taf. 1, **T19**; 3, **T43**; 7, **T188**; **T194–T197** usw.). Dies beweist, dass es die römischen Giesser verstanden, mit optimaler Beschickung und Gebläseführung in ihren Schmelzherden und -öfen eine sehr regelmässig verteilte, andauernde Hitze zu erzeugen. Die gleichmässige Intensität der Verschlackung der meisten *Lutum*-Schichten zeigt auch, dass die Tiegel auf ihrer ganzen Höhe – vom Boden bis an den Rand und darüber (Deckel?) – gut in Holzkohle «eingepackt» waren. Regelmässige, gut verteilte Luftzufuhr und immer genügend

Holzkohle garantierten nicht nur ein homogenes Verschlacken des *Lutums* auf der ganzen Aussenseite, sondern auch eine optimale Schmelztemperatur im Tiegelinnern.

Die weitere Tatsache, dass praktisch alle eiförmigen Tiegel vom «Normaltyp» aus Augusta Raurica auch am Boden eine durchgehende *Lutum*-Schicht aufweisen, zeigt, dass diese Tiegel nicht auf dem Herd- resp. Ofenboden standen, sondern mitten in der Holzkohleglut gehalten wurden und so auch immer genügend Hitze von unten bekamen. In einem Fall hat sich offenbar ein bereits stark verbranntes und verschlacktes Ziegelstück von der Konstruktion der Schmelzgrube gelöst und ist am weichen *Lutum* festgeklebt (Taf. 21, **T566**).

Ob die wenigen *flachbodigen* Tiegel beim Schmelzprozess auf dem Herdboden standen oder ebenfalls mitten in der Holzkohle eingebettet wurden, ist unklar. Die einen Stücke, bei denen das *Lutum* am Bodenansatz endet (Taf. 26, **T860**; **T862** (?)), sprechen für die erste Variante. Bei anderen Tiegeln ist das *Lutum* ebenfalls unten auf der Bodenfläche aufgetragen (Taf. 26, **T857**; **T861**), weshalb sie offenbar auch von unten beheizt worden sind.

Der dickwandige Tiegelboden **T863** weist einen auffallenden *Lutum-Wulst* wenige Zentimeter über der Bodenfläche auf (Taf. 26, **T863**). Das massive flache Bodenstück ähnelt frappant den grossen Messing-Zementationstiegeln aus Lyon / F (Abb. 24,8) und enthält bezeichnenderweise auch sehr viel Zink. Der *Lutum-Wulst* und die lutumfreie Zone darunter könnten für ein Einsetzen dieses Tiegels in einer Art Lochtenne in einem speziell konstruierten Zementationsofen sprechen.

Die Abdrücke von Holzkohle, Zangen und anderen Werkzeugen im Lutum

In der äusseren, verschlackten Schutz- und Verschleisschicht haben sich in vielen Fällen Abdrücke erhalten. Dieses *Lutum* wurde bei Betriebstemperatur einerseits offenbar so weich, dass sich Werkzeuge, Holzkohlestücke und Anderes darin abdrücken konnten, und andererseits blieb sie so zäh, dass gerissene Tiegel dank dieser äusseren Schicht wie durch einen Kitt zusammengehalten wurden (Beispiele: Taf. 12, **T292**; 16, **T490**; 20, **T564**). Es sind drei Arten von Abdrücken zu unterscheiden:

1. Eigentliche, manchmal mehrere Millimeter tiefe und 1,5–28 mm weite *Eindrücke* von Werkzeugen – Tiegeln, Zangen, Rührstäben und dergleichen (Abb. 13)
2. Flachere *Abdrücke* von Holzkohlen und Ofenwand

185 Solche Reparaturen, entweder durch sekundäre Ausstriche von Tiegellehm oder durch mehrfachen *Lutum*-Auftrag, sind auch andernorts beobachtet worden: Jantzen 2008, 193 (Nordische Bronzezeit); König 2015, 224; 226 Abb. 3, 67/5437 (Avenches / VDAventicum, römisch).

186 König / Serneels 2013, 163.

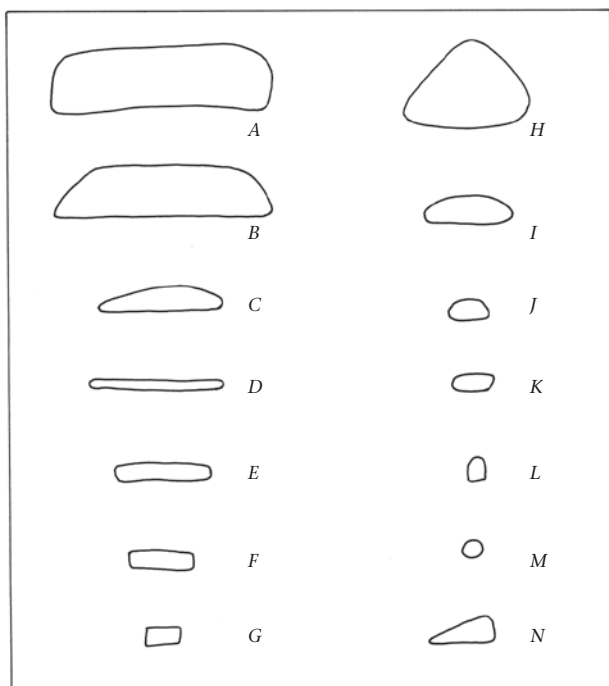


Abb. 13: Augusta Raurica. Schmelztiegel. Abdrücke resp. Eindrücke von Werkzeugen in die von der Hitze erweichte äussere Verschleisschicht (Nachweise A–N siehe Text). M. 1:1.

3. Unterschiedlich grosse *Anhaftungen* von Ofenlehm, Holzkohlestückchen, Steinen und Konstruktionsziegeln.

Einige typische Eindrücke sind in ihren Konturen auf Abbildung 13 wiedergegeben. Die flachrechteckigen Einstiche in der Schlackenschicht könnten von den Backen der Tiegeltangen¹⁸⁷ stammen.

Eindrücke von Werkzeugen

Es ist nicht immer zu entscheiden, ob «Löcher» in der Schlackenmasse von eisernen Werkzeugen herrühren oder anderweitig entstanden sind. Dort wo die Eindrücke eindeutig und scharf begrenzt waren, habe ich sie vermessen und im Umriss zeichnerisch aufgenommen (Abb. 13). Sie stammen von folgenden Tiegeln:

- Abb. 13,A: **T670**, 27 × 8 mm
- Abb. 13,B: **T535**, 28 × 6 mm
- Abb. 13,C: **T345**, 17 × 3 mm
- Abb. 13,D: **T628**, 17 × 1 mm
- Abb. 13,E: **T343** und **T744**, 14 × 3 mm
- Abb. 13,F: **T361**, 9,5 × 2,5 mm
- Abb. 13,G: **T251**, 5,3 × 3,2 mm
- Abb. 13,H: **T599**, 16 × 12 mm
- Abb. 13,I: **T66**, 12 × 4 mm
- Abb. 13,J: **T282**, 5,7 × 3,5 mm
- Abb. 13,K: **T320**, 5,4 × 2,0 mm
- Abb. 13,L: **T598**, 2,2 × 2,5 mm
- Abb. 13,M: **T282**, Durchm. 1,5 mm
- Abb. 13,N: **T406**, 6 × 3 mm

Diese Eindrücke scheinen zu einem grossen Teil von eisernen Feuerstacheln oder den Maulspitzen der Tiegeltan-

gen zu stammen. Deren Grössen passen durchaus zu den beobachteten Abdrücken auf den Tiegelaussenseiten: Eine grosse Tiegeltange aus Augusta Raurica hat flach-rechteckige Maulenden von je 28 × 3 mm Stärke. Eine willkürlich aus den Augusta-Raurica-Beständen herausgegriffene kleinere Schmiedezange hat spitze Maulenden von ca. 8 × 3 mm¹⁸⁸. In Einzelfällen wurden im *Lutum* auch Eindrücke von einem Kanteisen (**T251**; Abb. 13,G) und möglicherweise sogar von groben Feilen (**T340** [nicht abgebildet]) festgestellt.

Statistisch verteilen sich die *Werkzeugeindrücke* wie folgt (Abb. 14): Sie treten bei 4,7% aller Tiegel auf und verteilen sich etwa gleichmässig auf die Tiegelgrössen. Solche Eindrücke finden sich sowohl aussen an der Gefässwand als auch unten am Tiegelboden. Wegen ihrer speziellen Form lassen sich einige der Werkzeugabdrücke als von Tiegeltangen stammend bestimmen. Sie sind jedoch selten (0,8%) und können auf allen Tiegelgrössen gefunden werden. Andere Tiegel (nur 0,7%) zeigen wenige Zentimeter unter dem Rand eine *Eindellung* des getöpferten Kerns. Das ist auf zu starken Druck mit der Zange zurückzuführen und zeigt, dass sogar die Kerntiegel bisweilen über ihre Erweichungstemperatur erhitzt worden sind¹⁸⁹. Eine besonders starke Beanspruchung der heissen Tiegel lässt sich beim kleinen Stück **T44** (Taf. 3) und bei den beiden grossen Exemplaren **T475** und **T476** (Taf. 15 und 16) erkennen: Sie zeigen sowohl Zangeneindrücke im einst weichen *Lutum* als auch die Folge eines zu grossen Druckes durch die Zange in Form einer etwas eingedrückten Wandung. Hätte der Giesser seine Zange noch stärker zusammengedrückt, wären diese Tiegel sicher zu Bruch gegangen.

Abdrücke von *Holzkohle* liessen sich nur an 1,2% der Tiegel beobachten. Auch sie können nicht nur an den Tiegelböden, sondern durchaus auch aussen an der Wandung auftreten:

Abdrücke von Holzkohlen

Wiederholt lassen sich an der Aussenwand oder unter dem Tiegelboden fingergrösse *Abdrücke* mit feinen parallelen Rillen- resp. Riffelstrukturen beobachten (**T229**, **T258**, **T269**, **T302**, **T324**, **T459** und **T471** auf Taf. 9–15). Es handelt sich dabei vermutlich um die parallelen Jahrringe von glühenden Holzkohlestückchen, die sich in der weichen

187 Die Tiegel- und Schmiedezangen bestehen aus den beiden Schenkeln (langen Griffen), dem Auge (Scharnier) und dem Maul, gebildet von den beiden Backen. In dieser Terminologie halte ich mich an Bersch 1899, 852 f. («Zange»); Metzger 1927, 90 Abb. 77.

188 Die beiden Stücke sind abgebildet in Mutz 1976, 28 Abb. 22 und 28 f. Abb. 23.

189 Nach Schulenburg 1952, 77, muss auch die Tiegeltange mit ihrer Maulgrösse gut zum Tiegel passen, damit keine Dellen und Abplatzungen entstehen können.

	Tiegel klein	Ensemble Insula 19	Tiegel mittel	Tiegel gross	Normaltyp alle
Stückzahl	127	64	264	400	855
%	14,9	7,5	30,9	46,8	100
(Werkzeug-)Abdrücke im Lutum	3	0	16	21	40
%	2,4	0,0	6,1	2,1	4,7
Werkzeugabdrücke unten am Boden	3	0	8	8	19
%	2,4	0,0	3,0	2,0	2,2
Werkzeugabdrücke an der Wand	0	0	8	13	21
%	0,0	0,0	3,0	3,3	2,4
Abdrücke von Zangen (im Lutum)	2	0	1	4	7
%	1,6	0,0	0,4	1,0	0,8
Eindrücke von Zangen (in der Tiegelkeramik)	2	0	0	4	6
%	1,6	0,0	0,0	1,0	0,7
Abdrücke von Holzkohle	0	0	6	4	10
%	0,0	0,0	2,3	1,0	1,2
Holzkohleabdrücke unten am Boden	0	0	4	0	4
%	0,0	0,0	1,5	0,0	0,5
Holzkohleabdrücke an der Wand	0	0	2	4	6
%	0,0	0,0	0,8	1,0	0,7

Abb. 14: Augusta Raurica. Schmelztiegel des beutelförmigen Normaltyps. Statistische Auswertung der Eindrücke von Werkzeugen und Abdrücke verschiedener Materialien.

Aussenschicht abgedrückt haben¹⁹⁰. Dies wird durch einen identischen Holzkohleabdruck bestätigt, der bei unseren Experimenten entstanden ist (s. unten mit Abb. 148).

Anhaftungen von Ofenlehm, Steinen und Ziegeln

Hin und wieder sind aber auch unterschiedlich grosse *Anhaftungen* auf der *Lutum*-Schicht zu beobachten, etwa von Lehm, Steinen oder Ziegelbruchstücken. Es handelt sich dabei wohl immer um Teile der Schmelzöfen und -gruben¹⁹¹, die an der zähflüssigen Tiegelhülle kleben blieben (z. B. Taf. 21, **T566**).

Überzüge im Tiegellinnern

Lange war umstritten, ob die Schmelztiegel vor dem Gebrauch innen zusätzlich mit einer speziellen dünnen Mineralschicht oder Glasur resp. «Engobe» versehen worden sind. An den 855 Tiegeln des «Normaltyps» aus Augusta Raurica sind solche inneren Schichten in 85 Fällen (10%) mit blossen Auge zu erkennen. Es muss jedoch betont werden, dass in vielen Fällen die Existenz einer solchen dünnen Schicht makroskopisch-optisch nicht eindeutig beurteilt werden kann und Dünnschliffe aus ökonomischen Gründen nur ganz vereinzelt angefertigt werden konnten.

Das Vorgehen mit einem inneren Überzug wird eher nachvollziehbar, wenn man eine moderne Begründung für eine solche Massnahme heranzieht: «Ein neuer Tiegel muss immer zuerst leer in den Ofen gestellt werden, dann muss man ihn ... ganz langsam auf Rotglut bringen (möglichst ohne Gebläsewind). ... Sobald er langsam auf Rotglut gebracht worden ist, muss durch Anstellen des vollen Gebläsewindes der Tiegel so schnell wie möglich auf Weissglut gebracht werden. Die ist erforderlich, damit sich der Tiegel mit einer Glasur überziehen kann, die einen grossen Schutz ... beim Schmelzen bedeutet und die Lebensdauer stark erhöht.»¹⁹² Ob und welche Zuschlagstoffe zu dieser Glasur führen, wird allerdings nicht erwähnt, und es ist nicht auszuschliessen, dass der Autor nur die Versinterung der Tiegelkeramik bei sehr hoher Brenntemperatur erzielen will.

190 Abdrücke von Holzkohlen werden gelegentlich auch von anderen Tiegeln erwähnt, zum Beispiel Jantzen 2008, 200 Taf. 51, 223 (Nordische Bronzezeit).

191 Vgl. Helfert / Furger 2017, 179 f. Abb. 6.

192 Schulenburg 1952, 75.

Optische Charakterisierung der inneren Tiegelüberzüge

Diese meist glasurartig erscheinenden inneren Überzüge – seien es nun absichtliche Abdichtungen oder sekundär beim Schmelzen entstandene Erscheinungen – wurden in der folgenden Farbstatistik nur mitgezählt, wenn sie dünn und dicht und ohne Lehmkomponente resp. Verschlackungserscheinungen waren (Beispiele Abb. 6):

- Dunkelgrauer resp. anthrazitfarbiger Belag: 33 × (Beispiele Abb. 6, **T226.T12**; 3 × in kleinen, 9 × in mittleren und 21 × in grossen Tiegeln)
- Grauer bis hellgrauer Belag: 11 × (Beispiel Abb. 6, **T226**; 1 × in kleinen, 6 × in mittleren und 4 × in grossen Tiegeln) → Bei diesen *grauen* Belägen wird es sich teilweise um die unten (Abb. 83) erwogene *Abdichtungsschicht mit einer Bleiglasur* handeln.
- Brauner Belag in verschiedenen Farbschattierungen 11 × (1 × in kleinen, 1 × in mittleren und 9 × in grossen Tiegeln)
- Dunkelgrüner resp. grün-gräulicher Belag: 10 × (Beispiele Abb. 6, **T506.T226**; 1 × in kleinen, 6 × in mittleren und 3 × in grossen Tiegeln)
- Schwarzer Belag: 8 × (Beispiel Abb. 50, links [**T448**]; 1 × in kleinen, 4 × in mittleren und 3 × in grossen Tiegeln)
- Beiger resp. ockerfarbener Belag: 6 × (Beispiele Abb. 6, **T226.T805**; 3 × in mittleren und 3 × in grossen Tiegeln)
- Weissler resp. weisslicher Belag: 4 × (Beispiel Abb. 83, **T190**; nur in mittelgrossen Tiegeln)
- Gelblicher Belag: 2 × (nur in mittelgrossen Tiegeln)
- Farblose «Glasur»: 1 × (Abb. 6, **T891**).

Glasuren und Engoben im Tiegellinnern

Bei «Glasuren» aller Art in Schmelztiegeln ist grundsätzlich zwischen bewusst angebrachten Schutz- und Abdichtungsschichten und sekundär durch Verschlackungsprozesse entstandene, glasurartige, meist glasige Flecken und Überzüge zu unterscheiden (zu letzteren S. 28 f. mit Abb. 6).

In alten Rezepten zur Herstellung von Tiegeln wird zum Beispiel empfohlen, ihn «vor dem Schmelzen durch Einwerfen eines Glasstückes auszubessern, falls er etwa aus schlechtem Ton besteht und Risse hat»¹⁹³. In einem Probierbuch von 1744 wird in einem Rezept beschrieben, dass zur optimalen Abdichtung von Schmelztiegeln die innere Wand mit «Kreide und Federweiss oder Bleiweiss und Ei» anzustreichen und trocknen zu lassen sei¹⁹⁴. Prinzipiell ist, ähnlich wie bei der Geschirrkera-mik¹⁹⁵, an dünne Schutzüberzüge zu denken, die in der Hitze entweder durch Porrenfüllung, Verglasung oder Versinterung das Schmelzgefäss abdichten.

Archäometrisch nachgewiesen sind jedoch zwei andere Abdichtungsmassnahmen:

Durch Zufall fiel bei den Analyseserien von Markus Helfert ein Tiegelfragment auf, das zwar gebrannt war, aber aussen noch keine *Lutum*-Schicht erhalten hatte und auch

noch keinem metallurgischen Prozess im Schmelzfeuer unterworfen war (Abb. 83, **T259**). Auf der hellgrau-tonigen Innenseite fiel ein dunkelgrauer Fleck auf, der den unteren Teil des Tiegels überzog, nicht jedoch die Randpartie. pXRF-Oberflächenanalysen des Flecks und der Keramik ergaben markante *Bleiwerte* von einem an der Innenseite aufgetragenen Überzug! Bei einer Nachkontrolle fanden sich noch mehrere andere Objekte mit diesem bleireichen Innenüberzug (Abb. 83). Im Gegensatz zu den Engoben muss es sich hier um eine Art *Bleiglasur* handeln, die offenbar zur besseren Abdichtung im Tiegel vor dessen Einsatz als Schmelzgefäss angebracht worden war. Diesem Phänomen wird archäometrisch unten (mit Abb. 83) und in Experiment 11 (mit Abb. 153 und 154) nachgegangen.

Ein anderer, etwas dickerer Überzug im Tiegellinnern gab sich beim Tiegelwandscherben **T448** in der Computertomographie zu erkennen (Abb. 50). Daniela König konnte in einigen Fällen solche Innenbeschichtungen als mineralische «Engoben» beschreiben (s. unten S. 157 ff.); die Blei-«Glasuren» im Tiegellinnern hatten vielleicht auch andere als eine abdichtende Funktion (s. unten S. 159 ff. mit Abb. 83).

Hitzebeständigkeit

Die zum Schmelzen von Kupfer und seiner Legierungen notwendigen Temperaturen (700–1083 °C)¹⁹⁶ und die erforderliche «Erstarrungsreserve» (flüssig bis zum Ende des Gussprozesses) erforderten eine Betriebstemperatur resp. Hitzebeständigkeit der Tiegel von 1100–1450 °C¹⁹⁷. Dem halten nur ganz bestimmte Tone resp. Gemische mit viel Quarzmagerung Stand! Rainer Telle und Martina Thönnissen brachten es auf den Punkt: «Mit Hilfe doch relativ hochschmelzender Rohstoffmischungen war ein Errei-

193 Biringuccio 1540 (zitiert nach Johannsen 1925, 355).

194 G. H. 1744, 104, zitiert in Anm. 579.

195 Etwa Glanzton- oder Terra-Sigillata-Überzüge (z. B. rätische Reibschüsseln oder pompejanisch-rote Platten) oder Abdichtungen mit eingekochter Mehlsuppe (Währen/Schneider 1995, 5 und 45).

196 Furger 1995, Tab. 20 und 21.

197 Lamm 1973, 4 (greater than 900–1000 °C [der Ton frühmittelalterlicher Tiegel von Helgö/S «does not attain a sufficiently refractory quality», trotz extrem intensiver Quarzmagerung]); Freestone 1989, 155 (1200–1300 °C); Armbruster 2001, 623 (1000–1300 °C); Andrieux 2003, 46 (1400–1450 °C); Hauptmann/Weisgerber 2004, 548 (1000–1300 °C); Nielsen 2006 (1000–1100 °C); Telle/Thönnissen 2006, 71 (1220–1230 °C); 82 (1000–1070 °C); 83 (>1100 °C); Martínón-Torres u. a. 2008, 2073; König/Serneels 2010 (1100–1300 °C); König/Serneels 2013, 163 f. Abb. 12 (über 1380 °C). – Zum Verhalten von Keramik bei hitzeintensiven Prozessen und zu den Anforderungen an die Zusammensetzung von Tiegeltonen siehe Bayley 1985, 41 f.

chen der Schmelztemperaturen von Kupfer, Bronze und Messing möglich, wobei die eingesetzten Keramiken jedoch stets an ihrer Einsatzgrenze betrieben wurden.»¹⁹⁸

Wie wir schon oben gesehen haben (Anm. 97 und 116) und durch Nachbrände von Originaltiegeln aufzeigen konnten (Abb. 124), sind Schmelztiegel bei über 900–1000°C gebrannt worden – im Gegensatz zur römischen Gebrauchskeramik mit Brenntemperaturen um 850–950°C. Die Tiegel hätten theoretisch bis 1600°C stabil sein können¹⁹⁹, was aber in der Praxis nie der Fall war, wie viele Risse, Brüche und Deformationen zeigen.

Unsere Brennversuche mit Dutzenden von unterschiedlichsten Tönen aus dem weiteren Gebiet der ehemaligen Colonia Raurica (Abb. 72) zeigen, dass nur wenige Vorkommen mit ganz bestimmten Eigenschaften solch hohe Temperaturen aushalten; viele unserer Tonmuster sind schon unter 1250°C geschmolzen (Abb. 74). Für die Herstellung der Schmelztiegel war deshalb eine gute Rohstoffauswahl resp. eine Optimierung weniger geeigneter Tone durch starke Magerung notwendig.

In den traditionellen Giesserhandbüchern wird empfohlen, die Tiegel unbedingt langsam vorzuwärmen, bevor man sie in das Schmelzfeuer stellt²⁰⁰.

Dass die Tiegel mit der Zeit bei Gebrauch Risse aufwiesen, zeigen einige Fälle von lädierten Stücken sehr anschaulich: Am Material von Augusta Raurica liess sich ein *dünner Schlackefilm wiederholt auf den Bruchkanten* beobachten (Beispiele Taf. 7, **T189**; 9, **T247**; 12, **T292**; 16, **T490**; 26, **T858**). Die Schlacke muss in Risse der Tiegel eingedrungen sein, als diese noch in Gebrauch waren. Sie sind erst später – naheliegenderweise entlang dieser alten Risse – auseinandergebrochen. In seltenen Fällen sind solche feinen Hitzerisse noch in der ansonsten intakten Tiegelwand zu beobachten (Beispiel: Taf. 14, **T469**). Der feine, oberflächliche Hitzeriss im offensichtlich ungebrauchten Tiegel **T146** scheint allerdings beim Primärbrand entstanden zu sein (Taf. 4, **T146**).

Die *Betriebstemperatur* der Augster Tiegel hat aufgrund unserer experimentellen Nachbrände normalerweise den Wert von 1250°C nicht erreicht (s. unten «Experiment 5» mit Abb. 124), denn das antike *Lutum* ist bereits bei über 1020°C deutlich verflüssigt und verglast. Daniela König konnte auf mineralogischem Weg für einige wenige Tiegel aus Augusta Raurica Betriebstemperaturen um 1100°C bis 1200°C nachweisen²⁰¹.

Exkurs: neuzeitliche Empfehlungen zur Tiegelherstellung, insbes. in J. G. Krünitz' «Oeconomischer Encyclopädie» (1773–1858)

Die archäologisch und archäometrisch beobachteten Merkmale römischer Schmelztiegel gewinnen deutlich an

Plausibilität, wenn wir sie mit alten Anleitungen zur Tiegelherstellung und Empfehlungen zum Tiegelgebrauch vergleichen. Die antiken Schriftsteller behandeln das Thema leider nur am Rand und haben wenig Relevanz für unsere Fragestellungen²⁰². So erwähnt zum Beispiel Plinius²⁰³ lediglich, die «Tiegel [*catini*] werden aus *tasconium* hergestellt. Dies ist eine weisse Erde, ähnlich dem Ton; denn keine andere Erde hält den Blasebalg und das Feuer und den brennenden Rohstoff aus». Plinius' *Tasconium*-Tiegel waren jedoch nicht im normalen Metallguss im Einsatz, sondern sie dienten zum Ausschmelzen von Gold aus zerstoßener Schlacke in den Goldbergwerken Spaniens.

In den Handbüchern des Mittelalters und der frühen Neuzeit, etwa von Theophilus Presbyter (frühes 12. Jh.)²⁰⁴, Benvenuto Cellini (16. Jh.)²⁰⁵ oder Georg Agricola (16. Jh.)²⁰⁶, ist die Tiegelherstellung ebenfalls kein wichtiges Thema. Einzig Theophilus Presbyter ist etwas ausführlicher und empfiehlt, bei der Tiegeltonherstellung *Schamotte* – hergestellt aus zerstoßenen alten Tiegeln – beizumischen. Für kleine Tiegel der Gold- und Silberschmiede gibt er ein Mischverhältnis von 2 Teilen weissem Ton und 1 Teil Schamotte an; grössere Tiegel für Kupferlegierungen sollen aus 2 Teilen grauem Ton und 3 Teilen Schamotte gemacht werden.

Besonders ausführlich sind die Empfehlungen von Lazarus Ercker Ende des 16. Jahrhunderts. Sein Rezept für einen guten Tiegelton lautet²⁰⁷: «Nimm Töpferton, so gut er zu bekommen ist. Am besten zu gebrauchen ist der blaue Ton, der im Feuer beim Brennen schön weiss wird. Diesen Töpferton lass recht hart werden und an der Sonne trocknen²⁰⁸. Und wenn du daraus Geräte machen willst, so stoss ihn klein, feuchte ihn mit Wasser an, damit er weich wird, lass ihn dann treten [durchmischen und verfestigen] oder mit einem Eisen gut schlagen und gib darunter klein geriebenen, geschlämmten Kieselstein oder

198 Telle/Thönnissen 2006, 85.

199 König 2015, 228 Abb. 11.

200 Haller 1996 (1 Stunde für Graphittiegel).

201 König 2015, 228.

202 So auch Zimmer 1985, 44 f. («Insgesamt sind die Nachrichten über die Werkstätten sehr spärlich und vage.») Anm. 56–58.

203 Plin. *nat.* 33, 69; Forbes 1950, 133; Ramin 1977, 144–154.

204 Nachträglich ergänzte Titel: «*Diversarum artium artium schedula*» resp. «*De diversis artibus*» (Über verschiedene Künste), Kapitel 22 und 65; Theobald 1984, 124 f.; 358. Ich stütze mich auf die praxisbezogene Ausgabe des Goldschmiedemeisters Erhard Brepohl (1987, 84 Abb. 22.1 und 197).

205 Fröhlich 1974. Siehe auch oben, Anm. 156.

206 Agricola 1557, 7. und 9. Buch, 195; 328 f.

207 Ercker 1580, 53.

208 Die Bedeutung des vollständigen Trocknens, auch der Tiegel, wird wiederholt hervorgehoben: «Niemals soll er [der Giesser] einen nicht genügend getrockneten und vorgewärmten Tiegel dem Ofen anvertrauen und dem Schmelzprozess aussetzen.» (Schulenburg 1952, 73).

weissen, schönen Sand, soviel wie der Ton aufnehmen will. Damit du ihm aber davon nicht zu wenig oder auch zu viel beimengst, mache daraus zuerst etliche Probierscherben oder Tiegel und probiere darin ein sehr strengflüssiges Erz. ... Aber nur die Erfahrung zeigt, welche Mischung am besten ist. Wieder andere nehmen zerbrochene Scherben aus einer Töpferwerkstatt oder alte Tiegel, alles klein gestossen [Schamotte] und durch ein Sieblein getrieben, und mengen davon soviel unter den Ton, dass sie diesen vor Zähigkeit kaum bearbeiten können.»

Erfreulich ausführlich beschreibt auch Modestin Fachs im späten 17. Jahrhundert in seinem «Probier-Büchlein» die Kunst, Tiegelton von hoher Hitzebeständigkeit zuzubereiten: «Wie man Than [Ton] machen soll, zu guten Tiegeln, Probierscherben und andern, so im Feuer feste hält. Nimm feinsten Than, schlemme den, und las ihn durre werden ..., 1 Centner, und einen halben Centner Jpser [Tiegel aus Jps resp. Ybbs / A], der gestossen ist, oder ein ander gebrauchte Tiegel, mehr $\frac{1}{8}$ Pfund gestossene Kieselstein, und so viel gestossen Glass, diese Materien stoss alles aufs kleinste, und rädere durch ein härten sieb, und nimm eines jeden des gemeldten Gewichts, und mische es durch einander, und räder es wieder durch ein härten Sieb, dass es wohl durch einander kömmt, darnach feuchte es an, und lass daraus formiren, was du darffst, dass im Feuer feste, und lang halten soll, es ist bewehret, und recht.»²⁰⁹

Im 18. Jahrhundert mehren sich dann die handwerklichen Enzyklopädien mit vielen Anleitungen und Illustrationen. Das «Allgemeine Lexicon der Künste und Wissenschaften» von Johannes Theodor Jablonski von 1748 macht zum Stichwort Tiegel folgende Bemerkungen: «Gute und beständige tiegel zu machen, wird erfordert eine gute thon-erde, die an der sonnen treuge und zart worden, gestossen, durch ein härten sieb gereutert, den zehenden theil kiessssling-mehl [Kieselmehl, Quarzsand], kreiden oder glimmer darunter gemischt, angefeuchtet, wohl durchgearbeitet, in die dazu bereitete hölzerne formen, die mit öl ausgechmiert seyn sollen, geschlagen, und den tiegel in der wärme stehen gelassen, bis er trocken werde.»²¹⁰

Weitaus am ausführlichsten ist *Johann Georg Krünitz* in seiner «Oeconomischen Encyclopädie» (begonnen 1773), dessen Erörterungen zum «Schmelztiegel» im Folgenden auszugsweise zitiert werden:

Tiegelton

«Diejenigen Schmelztiegel, welche aus sehr reinem Thone gefertigt werden, und die man so stark gebrannt hat, dass sie die Dichte und Härte des sogenannten Steingutes haben, sind vorzüglich geschickt, ein starkes, langdauerndes Feuer auszuhalten. Sie sind jedoch fast immer mehr oder weniger porös, ...

Schmelztiegel, welche man aus solchem Thone bereitet, mit dem eine grosse Menge trockener Materien, als z.B. Sand, Kreide, Gyps, Ocher, Spath, Glimmer, Eisen-

schlacken etc., vermischet werden, und die man nur bei einer mässigen Hitze und so schwach gebrannt hat, dass sie nicht anfangen konnten in Fluss zu kommen, als wovon doch vorzüglich ihre Dichte abhängt, besitzen ... die Eigenschaft, einen sehr starken Feuergrad, ohne zu springen auszuhalten, sie dürfen aber nicht sehr gross seyn. ...

Ein Zusatz von gebranntem Thone oder zerstoßenen Tiegelscherben [Schamotte] soll dem Sande vorzuziehen seyn. Zu den vorzüglichsten Deutschen Schmelztiegeln gehören die Tiegel aus Graphit, ... Nach einigen Angaben nimmt man zwei Theile Graphit gegen einen Theil Thon. Der Thon wird sorgfältig geschlämmt. ...

Schmelztiegel aus kalkigten Erden und Steinen. ... Man nehme von der fetten Talkerde ... und vom weissen Pfeifenthone oder von der Erde, so man zu den Oefen und Gefässen der Glasmacher gebraucht, einen Theil [zu den hellen Tönen sie auch unten S. 161 ff.]; beide Erden werden mit einander klein zerstoßen, und durch ein kleines Sieb geworfen. Diese Vermischung feuchtet man mit Kalkwasser an, und arbeitet die Masse etliche Stunden wohl durcheinander, bis man beide Erden auf das Beste in einander gemengt hat, und sich ihre Theilchen nicht mehr von einander unterscheiden lassen. Wenn endlich die Masse derb genug geworden, so werden daraus die Schmelztiegel und andere feuerfeste Gefässe geformt, getrocknet und gebrannt. ...

Die Formel ist: 2 Theile Talkerde und 1 Theil Pfeifenthon, nach dem Gewicht; die Scheibe modelt sie recht gut. ...

Ist die Massenmischung geschehen, und mit einer hinlänglichen Menge Wasser angefeuchtet, so ist es überhaupt vortheilhaft, die feuchte Mischung eine gewisse Zeit lang, je länger, je besser, in einem feuchten Keller, oder wenn die Portion an sich klein ist, unter hohle Gläser zu stellen, damit die freie Luft das Mengsel nicht austrocknen möge. Ausser dieser Vorsicht muss man diese Masse alle Tage ein- oder zweimal durcharbeiten, damit sich der Thon in die kleinsten Theile auflöse, und sich in der ganzen Masse überall gleich vertheile ... Sobald man aber edle Metalle gebraucht, und man ein heftiges Feuer zu machen hat, so würde man gewiss sehr unrecht thun, wenn man es mit dergleichen Tiegeln wagen wollte. Der Ziegelthon enthält in der That Stoffe, welche dazu ganz und gar nicht taugen, obgleich ihr Verhältniss sehr verschieden ist, wie man an ihrem Sande, Mergel, Eisentheilen etc. sehen kann. Aus diesem Grunde taugt der gemeine Töpferthon, welcher *farbig* ist, ganz und gar nichts; denn wenn diese Thonarten der Töpfer mit Scheidewasser aufbrausen, so ist es ein Zeichen des Mergels oder des Kalkes, welche darunter gemischt

209 Fachs 1689, Kapitel 87, 135 f.

210 Jablonski 1748, 1215.

sind, und wenn solche während des Brandes im Feuer gelb oder roth werden, so deutet dieses auf die Gegenwart einer Eisenrosterde. Unter allen diesen Beimischungen ist der Mergel die allerschädlichste, anstatt das Sand und Eisenrost in gewissem Verhältnisse es viel weniger sind. Man muss daher mehrentheils *weissen* Thon nehmen, und dieser ist um so viel besser, je weisser und reiner er ist. ... Die zweckmässigsten Thonarten zu diesem Behufe sind daher diejenigen, welche von den Brennern der Tabackspfeifen gebraucht werden, der Tabackspfeifenthon ...

So z. B. geben vier Theile Thon und vier Theile *Sand* mit einem Theile *Kreide*, eine ziemlich feste Masse für ein mässiges Feuer, dasselbe thun auch vier Theile Thon, vier Theile Sand und einen Theil schmelzbaren Spaths [Mineral von blättrigem Gefüge]; denn sie vereinigen sich ziemlich genau mit einander. Dagegen geben sechs Theile Thon und achtzehn Theile Sand, mit einem Theile Bleyglätte ein noch brüchiges Gemisch; vier Theile Thon und acht Theile Sand, mit einem Theile Bleyglätte sind noch etwas brüchig; indessen sind diese Mischungen zu Gefässen dienlich, um ein heftiges Feuer auszustehen, in so fern nur die Materien ihres Inhalts nicht in Fluss gebracht werden sollen. Hingegen können zwölf Theile Thon, drei Theile Sand und drei Theile gestossenen *Glases* im Brennen ziemlich fest werden; sie blähen sich jedoch in heftigem Feuer zu *Schaum* auf [sic!]. Vier Theile Thon mit neun Theilen Sand und einem Theile Kreide, so wie vier Theile Thon, zwölf Theile Sand und ein Theil Kreide in gemässigtem Feuer eine angenehme und nützliche Mischung geben. ...

Fünf Loth frischen Thons, fünf Loth gebrannten Thons und ein Loth Glas werden ziemlich fest und geben eine Zusammensetzung von ziemlichem Nutzen. ...»²¹¹. Es folgen viele weitere Rezepturen für Tonmischungen, worunter neben Glas auch *Hammerschlag*, *Knochenasche*, *Kreide*, *Gips*, *Talk*, *Alaun* und *Graphit* als Zuschlagstoffe erwähnt werden²¹².

Ein noch aufwendigerer Prozess der Tonaufbereitung ist im Beitrag über *Messing* zu lesen: «Die Hauben oder Gewölbe der Oefen, die thönernen Ziegelsteine ... und die Tiegel werden alle aus einerley Masse gemacht. Diese Tiegelerde bekommt man in Frankreich von Nanine, oberhalb der ehemaligen Abtey Géronsart [heute Couvin/B], wo man sie in freyem Felde gräbt. Es ist eine schwarze, zähe, schlüpfrige, und seifenartige Erde, ... Die Sachen, welche man daraus verfertigt, werden durchs Brennen sehr hart. ... so mischet man unter zwey Theile dieses ungebrannten Thones einen Theil gebrannten [Schamotte]. Diesen bekommt man von allen zerbrochenen Tiegeln, und andern dergleichen aus Thon bereiteten, und ausgebrannten Sachen, die man aufhebt. Wenn man deren genug hat, so werden sie auf der Mühle ... klein gemacht, dann durch einen kupfernen Durchschlag, dessen Oeffnungen eine viertellinie sind, gesiebet, und endlich mit dem ungebrannten Thone, der aber vorher auch zubereitet ist, vermengt, welches auf folgende Art geschiehet. – Man legt den frischen

Thon, wie er ist, bedeckt in die Nähe von den Oefen, wo er den Winter durch wohl austrocknet. Zu Anfange des Frühjahres wird er gemahlen, durch ein kupfern Sieb geschlagen, und in besagtem Verhältnisse mit dem gebrannten vermischet. Hiervon werden 400 bis 500 Centner auf einmal in die Runde ausgebreitet, wie wenn man Kalk löschen wollte, und mit Wasser eingemacht; alsdenn wird dieses Mengsel von zwey Männern zwölf Tage nach einander, täglich zweymal, und jedesmal eine Stunde, mit den Füssen wohl durch einander gearbeitet. Dann lässt man es 15 Tage ruhig stehen. Nach Verlauf dieser Zeit aber hebt man dieses Durchkneten aufs neue an, und fährt, wie vorher, zwölf Tage nach einander damit fort; so wird die Masse endlich sehr fein, und geschickt, alles Nöthige daraus zu formen.»²¹³

Formung der Tiegel

Tiegel wurden im 18. Jahrhundert sowohl scheibengedreht als auch in Formen resp. über ein Holzmodel gepresst: «Man dreht die Tiegel auf der Scheibe, ... Die Gestalt der Schmelztiegel ist sehr verschieden und richtet sich nach dem Gebrauche, wozu sie bestimmt werden. Gewöhnlich giebt man den irdenen Schmelztiegeln die Gestalt eines abgestumpften Kegels oder einer abgestumpften dreieckigten Pyramide. Sie sind an der Oeffnung weit und verengen sich

211 Krünitz 1773–1858, Bd. 146, 640–689.

212 Biringuccio erwähnt ähnliche Zuschlagstoffe im Tiegelton: gelber oder weisser Talk, Eisensinter, (etwas) Hammelhornsche, gemahlener Tuffstein oder Kieselstein (Johannsen 1925, 463). – Interessanterweise stellen Carol Mothes und Michel Pernot archäometrisch auffallend hohe Eisengehalte in römischerzeitlichen Form- und Tiegeltonen aus Rennes/F fest. Sie vermuten, dass dem Ton entweder pulverisierte Eisenschlacke, Hammerschlag und/oder Eiseneisenspäne zugesetzt worden ist (Mothes/Pernot 2008, 414). – Eisenhammerschlag konnte als Zuschlagstoff in hallstattzeitlichen Tiegeln sogar archäometrisch nachgewiesen werden: Modarressi-Tehrani 2009, Abb. 211 und 252.

213 Krünitz 1773–1858, Bd. 89, 330 ff. – Aufschlussreich ist auch ein Text des angelsächsischen Alchemisten Thomas Norton aus dem späten 15. Jahrhundert, der sich über die mangelnde Tiegel- resp. Tonqualität (und über die Seltenheit feuerfester Gesteine) in England äussert: «Betreffend die Gefässe sind einige aus Blei gemacht, | und einige aus Ton, sowohl lebendig wie auch tot. | Toter Ton wird so genannt, | wenn er einem starken Brand ausgesetzt wurde; | ein solcher Ton, gemahlen und mit gutem rohen Ton vermischt, | widersteht dem Feuer und geht nicht weg. | Aber viele Tonsorten werden im Feuer springen, | was für Gefässe nicht gewünscht ist. | Andere Gefässe sind aus Stein gemacht, | feuerfest [wörtlich: fürs Feuer genügend], aber wenige oder keine | sind bisher unter den Handwerkern | in allen Gegenden Englands gefunden worden, | welche keinerlei Wasser aufnehmen, | und trotzdem dem trockenen Feuer gänzlich widerstehen. | Solche Steine, gross genug für unsere Zwecke, | wären ein kostbares Instrument.» (T. Norton [Hrsg. v. J. Reindy], *Ordinal of Alchemy* [Oxford 1975] 86f., cap. VI, Zeilen 2787–2802; die Übertragung ins Deutsche verdanke ich Catherine Aitken).

nach dem Boden zu, damit die geschmolzene Masse sich im Grunde der Vertiefung sammeln kann. Damit sie feststehen können, sind sie mit einem platten Fusse versehen. Ein Deckel schützt sie gegen das Hineinfallen der Kohlen und der Asche. ... Die zähe Masse wird auf der Scheibe oder in Holzformen zu Tiegeln von allerlei Grösse dreieckigt oder länglichrund geformt. ...»²¹⁴

Brand

«Die daraus gearbeiteten Sachen müssen während des Sommers auf Böden und im Schatten ausgetrocknet werden, und ehe man sie zum Gebrauche anwendet, brennt man sie auf folgende Art. ... Die Tiegel werden nur nach und nach ausgebrannt, so wie man deren nöthig hat, oder vorher siehet, dass man ihrer benöthiget seyn könnte. Als dann bringet man sie in die Oefen, und nimmt sie nicht eher wieder heraus, bis sie rothglühend geworden sind. Doch ist wohl zu verstehen, dass vorher alles wohl ausgetrocknet, und alsdenn recht hart gebrannt sey, ehe man es aus dem Feuer nimmt. ...

Schmelztiegel für dichte Metalle oder trockene Cementirungen ... können zuweilen mit ihren Materien sogleich ins Feuer gestellt werden, ohne dass man nöthig hat, sie vorher besonders hart zu brennen, wenn man nur die Vorsicht dabei anwendet, dass das Feuer von oben her sehr schwach ist, dass der Luftzug nicht merklich darüber wegstreicht, und dass der Tiegel bloss unterwärts gebrannt wird. Man muss aber keine Salze oder Metalle einschütten, welche geschwind in den Fluss gerathen, so wenig als ähnliche Glasarten.

Obgleich man die Schmelztiegel auf diese Art gebrauchen könnte, so pflegt man sie doch nach der gewöhnlichen Art erst besonders im Töpferofen oder im Ziegelofen zu trocknen, indem man ihnen ein sehr schwaches Feuer im Anfange giebt und dieses lange genug unterhält, bis man zuletzt seinen Grad nach und nach verstärkt. Je fetter der Thon an sich ist, desto langsamer muss das Feuer regiert werden, und je magerer derselbe ist, desto hurtiger kann man das Feuer verstärken. Bei gewissen Masseformeln wird erfordert, erstlich die Gefässe unter einen andern Topf zu stellen, oder einen andern Schmelztiegel darüber zu stürzen, um sie hart zu brennen, damit sie nicht unmittelbar vom Feuer bestrichen werden. Zu einigen Schmelzungen ist das Feuer, welches man anwendet, Schmelztiegel in Töpfer- und dergleichen andern Oefen zu brennen, zu schwach, und man bedarf dazu eines lebhafteren Feuergrades, und aus diesem Grunde muss man das Feuer verstärken, weil es sich zuträgt, dass Gefässe, welche man brennt, um so mehr Festigkeit an sich nehmen, je stärker das Feuer ist. Ueberhaupt ist es nothwendig, wenn man sich der sehr grossen Schmelztiegel bedient, anfangs immer das Feuer sehr schwach zu unterhalten, und zwar wenigstens eine Stunde hindurch, und bisweilen noch länger; denn ein lebhaftes Feuer zersprengt sie oft, und das noch eher, wenn

sie aus einem feinen und starken Staube gemischt sind. Die kleinen Schmelztiegel und andere Feuergefässe halten jederzeit ein heftiges Feuer besser aus, als die grossen, und man arbeitet mit mehr Zuverlässigkeit bei kleinen Retorten, als bei grossen. ... Viele Mischungen von Tiegelmassen, welche lange Zeit ausdauern, und sehr gute Dienste leisten, wofern man sie nur einem schwachen und gemässigten Feuer ausstellt, zerspringen sogleich im lebhaften Feuer, weil die Zugluft zu viel Strömung äussert, und die äussere Hülle des Schmelztiegels erschüttert und abkühlt. ...

Bei manchen glückt es, wenn man während dass das Feuer, worin sie gebrannt werden, am lebhaftesten wirkt, eine ziemliche Menge *Küchensalz* ins Feuer wirft, davon ein Dampf oder dicker Rauch aufsteigt, welcher im Aufsteigen die feurigen Gefässe überkleidet, und sich daran ansetzt. Vermittelst dieses Salzdampfes brennen sie sich viel dichter; auch giebt es ihnen von aussen einen glänzenden Ueberzug, welcher wie Glasur aussieht. ...

Hingegen taugen diejenigen, welche zum Hervorbringen der Metall- und Halbmetallkönige dienen sollen, wenn sie nicht so lange Zeit im Feuer stehen sollen, mit einem *spitzen Boden* besser, darin sich die Materie genauer concentrirt und senkt ... in Rücksicht auf *dicke Gefässe*, welche im Anfange leicht reissen. Hier ist es öfters rathsam, dass man sie zweimal brennt, und zwar das erste Mal schwach, oder gar mit übergestürztem, etwas poröserem Topfe, damit sie vom Feuer nur mittelbar berührt werden, das andere Mal aber unmittelbar, und in sehr starkem Feuer. ...»²¹⁵

Handhabung und Feuerung

«Hat man die Absicht, Tiegel, derer man sich bedient hat, noch länger aufzubewahren, um solche zu andern Arbeiten zu gebrauchen, so muss man sie erst ausleeren, in einen heissen Ofen stellen, oder umstürzen, sie mit einem andern Gefässe bedecken, und sie langsam und nach und nach wieder kalt werden lassen, um zu hindern, dass die freie Luft sie nicht gar zu geschwinde wieder abkühle, und sie zersprengen möge.»²¹⁶

«Der Schmelztiegel bedienen sich die Münzbedienten, Gold- und Silberarbeiter, Rothgiesser, Glasmacher, Chemisten und verschiedene andere Künstler. Man erhält solche in Sortimenten von verschiedenen Nummern in den Handel.»²¹⁷

Zusammenfassend, lässt sich feststellen, dass die enzyklopädischen technischen Handbücher des 17. und 18. Jahrhunderts – insbesondere jenes von Johann Georg Krünitz

214 Krünitz 1773–1858, Bd. 146, 640–689.

215 Krünitz 1773–1858, Bd. 146, 640–689.

216 Krünitz 1773–1858, Bd. 146, 653.

217 Krünitz 1773–1858, Bd. 146, 686.

(1773–1858) – in ausführlichen Anleitungen die Herstellung von Schmelztiegeln beschreiben. In den detaillierten Angaben zur Tongewinnung, zu dessen Aufbereitung, zum Töpfern und zum Brennen der Tiegel wird klar, welche anspruchsvolle Technologie dahinter steht und vor allem welche grosse, über Generationen gesammelte Erfahrungen schliesslich zum hitzetauglichen Produkt führen. Übertragen auf die einheitlichen helltonigen Tiegel aus Augusta Raurica, dürfen wir schliessen, dass es bereits in der Antike ein grosses Wissen um Tone und Produktionsverfahren gegeben haben muss.

Die Tiegelformen in Augusta Raurica

Das Formenspektrum der Metallschmelztiegel²¹⁸ von Augusta Raurica ist in der Regel sehr einheitlich²¹⁹. Sie sind in den allermeisten Fällen von eiförmigem Umriss, haben einen mehr oder weniger spitzen Boden²²⁰ und einen leicht eingezogenen, innen meist etwas verdickten Rand. Ich bezeichne sie im Folgenden als «Normaltyp». Die drei von mir bewusst sehr grob unterschiedenen Tiegel-Grössengruppen in Augusta Raurica (Abb. 15) dienen der Gliederung nach Grössen und nicht einer fein unterteilten Formtypologie.

Andere und gar «exotische» Formen, die wir von anderen Fundstellen kennen, treten in Augst/Kaiseraugst bei weitem weniger oft auf. Dazu gehören spezielle Randbildungen, kleine Tiegel mit abgeflachtem oder flachem Boden und schälchenförmige, oben offene Tiegelchen (Taf. 25–27). Noch seltener sind Gefässe aus Gebrauchskeramik als Schmelztiegel für hochschmelzende Buntmetalle verwendet worden – in Augusta Raurica nur in einem Fall nachweisbar (Abb. 27, **T872**; Taf. 27, **T872**).

Grössenspektrum

Kriterien der Materialaufnahme

Bei der Materialaufnahme wurden daher für die Tiegel des «Normaltyps» nur folgende drei approximative Tiegelkategorien (Form / Grösse) erfasst (Abb. 15):

- «klein», d. h. eher schlank, Höhe um 4–8 cm (Erfassungscode: kl; Abb. 15, kl)
- «mittelgross», d. h. eher bauchig, Höhe um 8–12 cm (mi; Abb. 15, mi)
- «gross», d. h. eher bauchig, Höhe um 12–22 cm (gr; Abb. 15, gr).

Es versteht sich von selbst, dass dabei nur ganz erhaltene oder in der Höhe rekonstruierbare Tiegel mit ihrer so definierten Grösse (Höhe) bestimmt werden können. Die Sortierung im Katalog der Tiegel vom «Normaltyp» erfolgt so, dass die Randstücke in die Durchmessergruppen ganz erhaltener Tiegel interpoliert sind, genauso wie auch die Böden aufgrund ihrer Aussendurchmesser. Einzig die kleinen

Fragmente und die Wandscherben sind *subjektiv* den Gruppen «klein», «mittel» und «gross» (und «übergross») zugewiesen worden und erscheinen im Katalog jeweils am Ende der jeweiligen Grössengruppe.

Ergebnisse für Augusta Raurica

Die Augster Tiegel des «Normaltyps» von eiförmigem Umriss und spitzem bis verrundetem Boden sind (innen, wo kein *Lutum* stört!) 45 bis etwa 200 mm hoch, 30 bis mindestens 180 mm weit und weisen Randdurchmesser von 28 bis maximal 140 mm auf. Die Formen und Proportionen sind erstaunlich einheitlich (Abb. 15 und 16).

Miniaturtiegelchen von nur 2–4 cm Höhe, die in mittelalterlichem Kontext bisweilen als Probiertiegel bezeichnet werden²²¹, kommen im römischen Material von Augusta Raurica nicht vor.

Die *Volumenermittlung* der ganz erhaltenen Tiegel und ein Vergleich mit auswärtigen Grössenspektren erfolgt unten (mit Abb. 21).

Je grösser die Tiegel sind, desto häufiger sind sie fragmentiert und in ihrer Höhe nicht messbar. Die höchste Messung beträgt innen 154 mm (Taf. 17, **T502** [ohne verkrusteten Belag]). Die grössten Exemplare müssen aufgrund der grössten messbaren Randdurchmesser bis zu etwa 220 mm hoch gewesen sein, wenn man die Ränder entsprechend extrapoliert (Abb. 16, «).

Die *obere Tiegelgrösse* in Augusta Raurica um 200 mm ist aufgrund meiner Erfahrungen mit dem Material und seiner Hitzebeständigkeit erklärbar: Bei einer Zweidrittelzufüllung haben die grössten Tiegel etwa 4 kg Bronze gefasst (analog zu Abb. 21). Schon dieses Gewicht hat beim Schmelzen bei gut 1000 °C die Tiegelwand tendenziell auseinandergedrückt, weil die Keramik bei diesen Temperaturen weich und instabil zu werden beginnt. Schon bei kleineren Tiegeln sind bisweilen Eindrücke der Tiegelflange (Taf. 15, **T475**; 16, **T476**) und kleine Rissbildungen (z. B. Taf. 12, **T292**; 16, **T490**) häufig zu beobachten. Noch grössere Tiegel wären wegen der Wärmeerweichung – selbst mit einer stützenden *Lutum*-Schicht – zu oft auseinandergebrochen; sie haben sich demzufolge im Giesseralltag nicht bewährt und waren aus Gründen der Stabilität grösser nicht zu verwenden!

218 Zu den Glasschmelztiegeln, den sog. «Glashäfen», in Augusta Raurica Rütli 1991, 150 ff. Abb. 96–98, und Fischer 2009, 91 ff. Abb. 101–114.

219 Analoge Beobachtungen in Xanten/D: Rehren/Kraus 1999, 267 (Normalform «pear-shaped ... conical-bottomed crucible», hohe Variation in den Tiegelgrössen) und in der Nordischen Bronzezeit (Jantzen 2008, 186–193).

220 Tiegel mit flachem Boden kommen zwar ebenfalls vor (Taf. 26), werden aber erst im Laufe des Mittelalters dominierend (von Osten 1998, Taf. 10–14; Martín-Torres/Rehren 2009, Abb. 1).

221 Schäfer/Ansorge 1994, Abb. 4, b; Soukup/Mayer 1997, 53–55 (s. Liste unten).

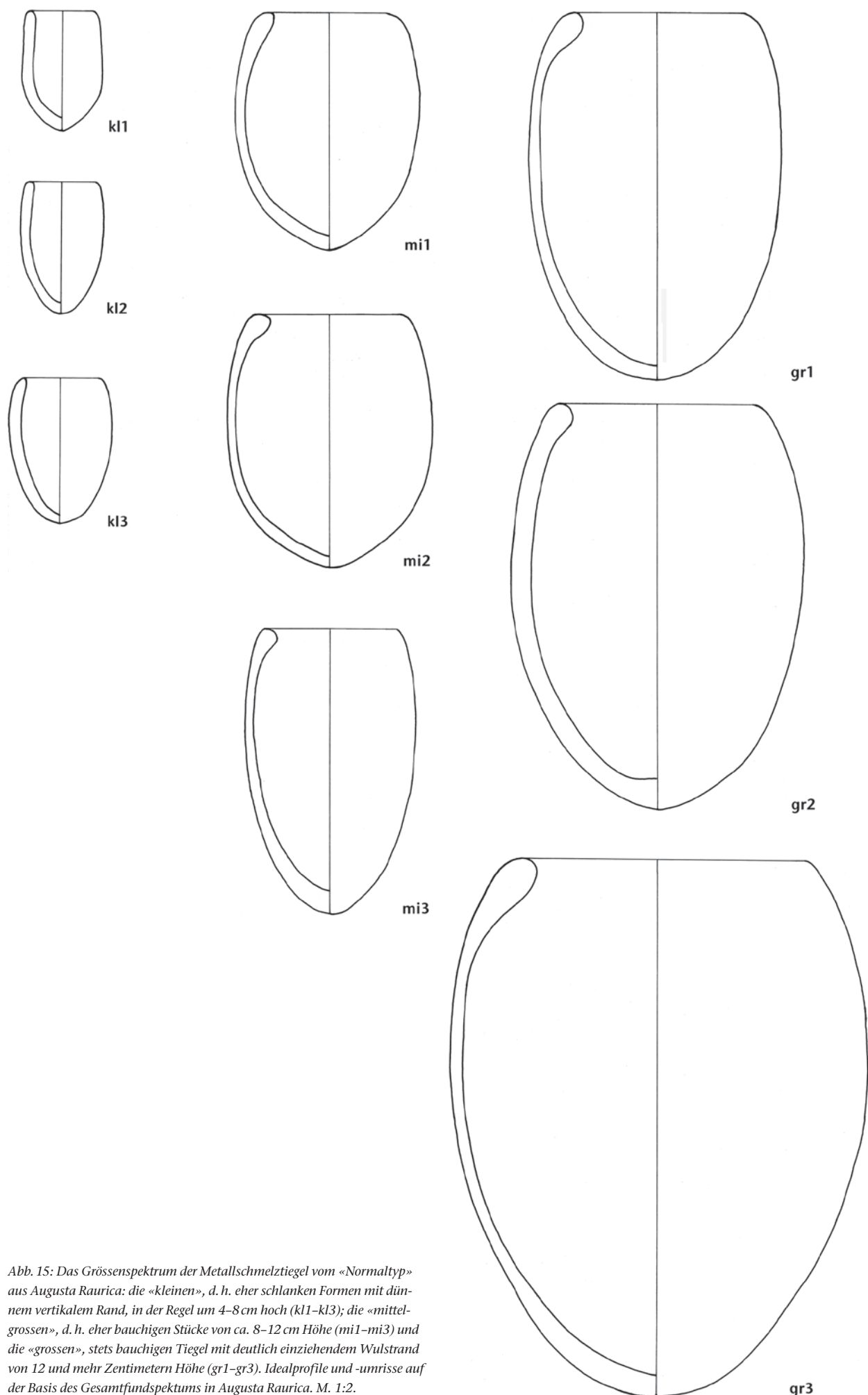


Abb. 15: Das Grössenspektrum der Metallschmelztiegel vom «Normaltyp» aus Augusta Raurica: die «kleinen», d. h. eher schlanken Formen mit dünnem vertikalem Rand, in der Regel um 4–8 cm hoch (kl1–kl3); die «mittelgrossen», d. h. eher bauchigen Stücke von ca. 8–12 cm Höhe (mi1–mi3) und die «grossen», stets bauchigen Tiegel mit deutlich einziehendem Wulstrand von 12 und mehr Zentimetern Höhe (gr1–gr3). Idealprofile und -umrisse auf der Basis des Gesamtfundspektrums in Augusta Raurica. M. 1:2.

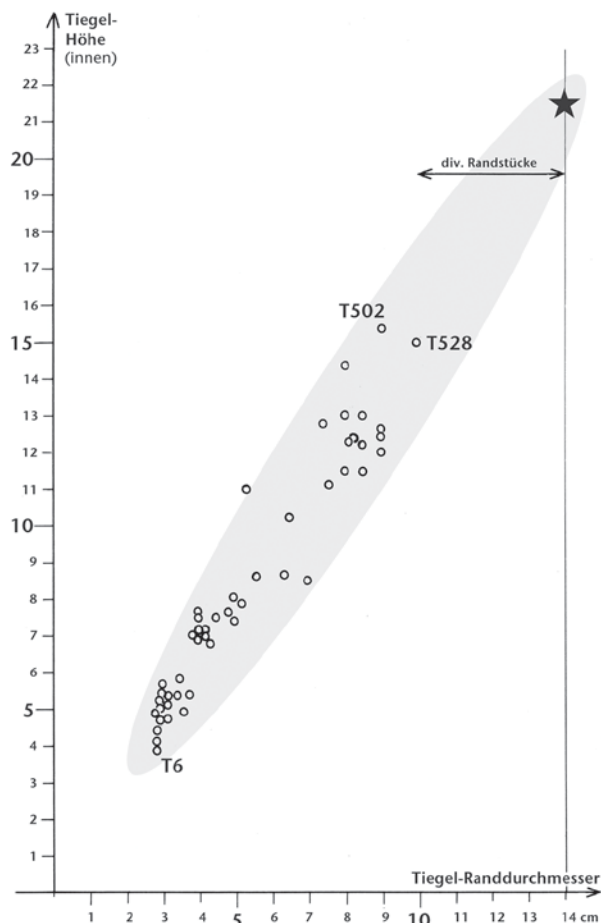


Abb. 16: Augusta Raurica. Diagramm «Tiegelhöhen» in Kombination mit «Tiegelranddurchmesser». Bei 48 ganz oder rekonstruierbar erhaltenen Tiegeln kann sowohl der Randdurchmesser als auch die Höhe gemessen werden. Wegen des unterschiedlich dicken Lutum-Auftrags wurden die Gefäßhöhen konsequent innen gemessen. Da auch noch grössere Randdurchmesser (100–140 mm) an Fragmenten nachweisbar sind und die Proportionen beim Augster «Normaltyp» immer etwa gleich sind, ergibt sich aus dem grössten gemessenen Randdurchmesser (154 mm) extrapoliert eine (Innen-)Höhe von rund 220 mm (★).

Trotz der grossen Zahl und Einheitlichkeit der Formen und trotz der industriellen Massenproduktion aller helltonigen Tiegel (dazu unten) lassen sich *keine Grössengruppen* resp. *Normierungen* feststellen, wie das z. B. bei den Kalibern (Durchmessern) römischer Bleirohre der Fall ist²²².

Normierungen in der frühen Neuzeit

Ganz anders im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit, als mit zunehmender Konzentration der Tiegelproduktion an Orten mit idealen Tonvorkommen (helle Tone bei Grossalmerode in Hessen und dunkle Graphittone bei Oberzell in Bayern) die industrialisierte Fertigung zunahm. Der Fernhandel und die Bedürfnisse der Alchemistenlabors und Giessereien förderten eine Normierung nach Grössen.

Interessanterweise war dasselbe Grössenspektrum wie jenes der römischen Tiegel in Augusta Raurica noch im Mittelalter und in der frühen Neuzeit die Regel. Dies einfach deshalb, weil Material, Konstruktion und Hand-

habung keine kleineren resp. grösseren Tiegel (mit allzu schweren Metallchargen) zulassen.

Für die frühe Neuzeit werden Tiegel von 20 bis 200 mm Höhe genannt. Oft wurden dreieckige Tiegel verschiedener Grösse in Sätzen ineinander gestapelt verhandelt²²³.

Im Inventar des bekannten Alchemistenlabors von Oberstockstall / A lassen sich mehr oder weniger deutlich folgende sechs Grössengruppen von importierten rundbodigen Tiegeln mit dreieckiger Mündung unterscheiden²²⁴:

1. Sehr kleine Tiegel («Probiertiegel»), 16–26 mm hoch, heller, sand- und schwach graphitgemagerter Ton (viele unbenutzt), 32 Stück zuweisbar.
2. Kleine Tiegel («Probiertiegel»), 30–40 mm hoch, durch sekundäre Brandeinwirkung unterschiedlich verfärbt, 50 Stück zuweisbar (+ ca. 26 Fragmente).
3. Kleine bis mittelgrosse Tiegel, 40–57 mm hoch, keine Angaben zum Ton, 39 Stück zuweisbar.
4. Mittelgrosse Tiegel («für Schmelzprozesse»), 66–90 mm hoch, keine Angaben zum Ton, teilweise einmal am Boden gestempelt, 50 Stück zuweisbar (+ 5 Fragmente).
5. Mittelgrosse bis grosse Tiegel («für Schmelzprozesse»), 90–130 mm hoch, einige mit weit ausladendem Rand, keine Angaben zum Ton, einmal am Boden gestempelt, 22 Stück zuweisbar (+ etliche Fragmente).
6. Grosse Tiegel (für Spezialzwecke), 150–185 mm hoch, keine Angaben zum Ton, zweimal am Boden gestempelt, 7 Stück zuweisbar (+ 1 Fragment).

Rand- und Bodenformen

Kriterien der Materialaufnahme

Ränder und Böden wurden wegen der grossen Einheitlichkeit des Materials nur in wenigen Kategorien erfasst (Auswertung: Abb. 17):

222 Duvauchelle 2008, 191 f. Abb. 3 (mit Lit. und Quellen). – Detlef Jantzen (2008, 188 und 196 ff. Abb. 73) hat die Tiegel der Nordischen Bronzezeit ebenfalls nach Grössen sortiert und drei Grössenklassen unterschieden. Deren Höhen schwanken zwischen 73 und 175 mm, die Breiten um 46–120 mm. Die Klassen fassten maximal 25–40 cm³ (klein), bis zu 120 cm³ (mittel) resp. über 120 cm³ (gross) Metall, also rund 225 bis über 1100 g Bronze. – An verschiedenen Fundorten wurde die Grössenvarianz der Tiegel wegen der starken Fragmentierung wahrscheinlich unterschätzt, und es werden nur enge Spektren angegeben, zum Beispiel von Pelletier u. a. 1991, 331 («Le diamètre est de 8 à 10 cm, la hauteur peut être estimée à une dizaine de cm, ce qui implique une contenance de 250 cm³ environ, soit 2 kg de métal.»).

223 Martínón-Torres / Rehren 2009, 50.

224 Soukup / Mayer 1997, 53–55 Abb. 8. – Industrie-Schmelztiegel der Gegenwart werden in Grössen von 33 bis 900 mm Höhe angeboten und fassen von wenigen Gramm bis 1000 kg Metall. Das Formenspektrum ist dafür bedeutend uniformer als in römischer Zeit (Claus / Goederitz 1933, 293).

- Rand einfach-verrundet (Erfassungscode: vr)
- Rand innen verdickt (vd)
- Rand leicht trichterförmig ausladend (tr)
- Boden eiförmig-spitz (sp)
- Boden rund oder verrundet (rd)
- Boden etwas abgeflacht, innen meist rund (af)
- Boden flach mit Standfläche, innen meist jedoch rund (fl).

Ergebnisse für Augusta Raurica

Einfach-verrundete *Ränder* (Beispiele: Taf. 1, **T1**, **T13**; 4, **T124**; 18, **T508**) finden sich bei etwa 18% der kleinen und mittleren Tiegel; sie bilden mit nur 4,4% unter den grossen Tiegeln die Ausnahme.

Am häufigsten vertreten bei den Tiegeln des Augusta-Raurica-Normaltyps sind die runden, innen leicht *verdickten* Ränder (Beispiele: Taf. 8, **T210**; 18, **T529**; 23, **T579**). Mit zunehmender Tiegelgrösse wird diese Randform auch typischer (Abb. 15 und 17: Anteile steigend von 40,0 auf 87,4%).

Eine auffallende *Variante* der leicht verdickten Ränder wird separat besprochen (unten S. 70 und Taf. 25, **T842–T850**).

Die *eiförmig-spitz zulaufenden Böden* sind besonders typisch für die *kleinen Tiegel* (Beispiele: Taf. 1; 4; 5; wegen der Zuweisbarkeit auch unterer Wandpartien z.T. Werte über 100% in Abb. 17). Sie machen bei den grossen Tiegeln nur etwa 30% aus. Unter den mittelgrossen Tiegeln weisen **T271** und **T286** (Taf. 11 und 12) besonders spitz ausgeprägte Böden auf.

Gerade umgekehrt verhält es sich mit den *Rundböden* (Beispiele: Taf. 14, **T467**; 16, **T490**; 18, **T528**; 22, **T581**): Sie sind typisch für die grossen, schweren Tiegel (55,2%) und bilden bei den kleinen, zierlichen Stücken noch die Ausnahme (15,9%).

Unten leicht abgeflachte Böden an beutelförmigen Tiegeln, die nicht zu den flachbodigen Exemplaren (Taf. 26)

gezählt werden, sind Ausnahmen (Beispiele: Taf. 16, **T490**; 17, **T504**, **T505**).

Zwei *Bodenvarianten*, mit denen sich wohl werkstatt-spezifische Eigenheiten fassen lassen, werden separat behandelt (oben mit Abb. 9, unten, resp. Abb. 10).

Kleine, eiförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, klein)

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Die «kleinen», eher schlanken, unten spitz zulaufenden Tiegelchen von nur 4–8 cm Höhe sind sehr uniform (Abb. 15, kl1–kl3). Ihre Randausformung ist entweder schlicht verrundet (was fast nur bei kleinen Tiegeln vorkommt) oder innen verdickt (wie bei allen grösseren Exemplaren). Sie haben keine Standfläche, sondern laufen unten spitz zu. Dies erforderte auf der Töpferscheibe ein gewisses Geschick. In einigen Fällen arbeitete man nicht so sorgfältig und nahm einen Rest des «Auflagefusses» auf der Töpferscheibe unten am Tiegel in Kauf (Abb. 9, unten, und 114, oben).

In Augusta Raurica, Insula 19 (Abb. 164), scheint ein grösserer *Vorrat* solcher hellgrauer bis hellbeiger Tiegelchen aufbewahrt worden zu sein (Taf. 4–6, Kat.-Nr. **T124–T187**). Die Stücke sind nach Ausweis der Analysen ungebraucht (Tabelle 1), und das Ensemble ist im 3. Jahrhundert in den jüngsten Kulturschichten wohl als Vorrat eines Händlers abgelagert und sekundär – durch den Pflug? – etwas verstreut worden.

Auswärtige Beispiele

Die eiförmige Kontur der kleinen Tiegel des Augusta-Raurica-«Normaltyps» findet sich an vielen Tiegeln anderer Fundstätten wieder. Mangels Abbildungen oder Beschrei-

	Tiegel klein	Ensemble Insula 19	Tiegel mittel	Tiegel gross	Normaltyp alle
<i>Anzahl Ränder total (=100%)</i>	40	24	89	135	288
Einfach-verrundeter Rand	7	2	16	6	31
%	17,5	8,3	18,0	4,4	3,6
Innen verdickter Rand	16	19	62	118	215
%	40,0	79,2	69,7	87,4	25,1

<i>Anzahl Böden total (=100%)</i>	44	29	79	58	210
Bodenpartie eiförmig-spitz	53	38	51	19	161
%	120,5	131,0	64,6	32,8	18,8
Boden rund	7	0	29	32	68
%	15,9	0,0	36,7	55,2	8,0
Boden etwas abgeflacht	0	0	1	1	2
%	0,0	0,0	1,3	1,7	0,2

Abb. 17: Augusta Raurica. Schmelztiegel des beutelförmigen Normaltyps. Statistische Auswertung der Rand- und Bodenformen. Zu den Werten über 100% siehe Text.

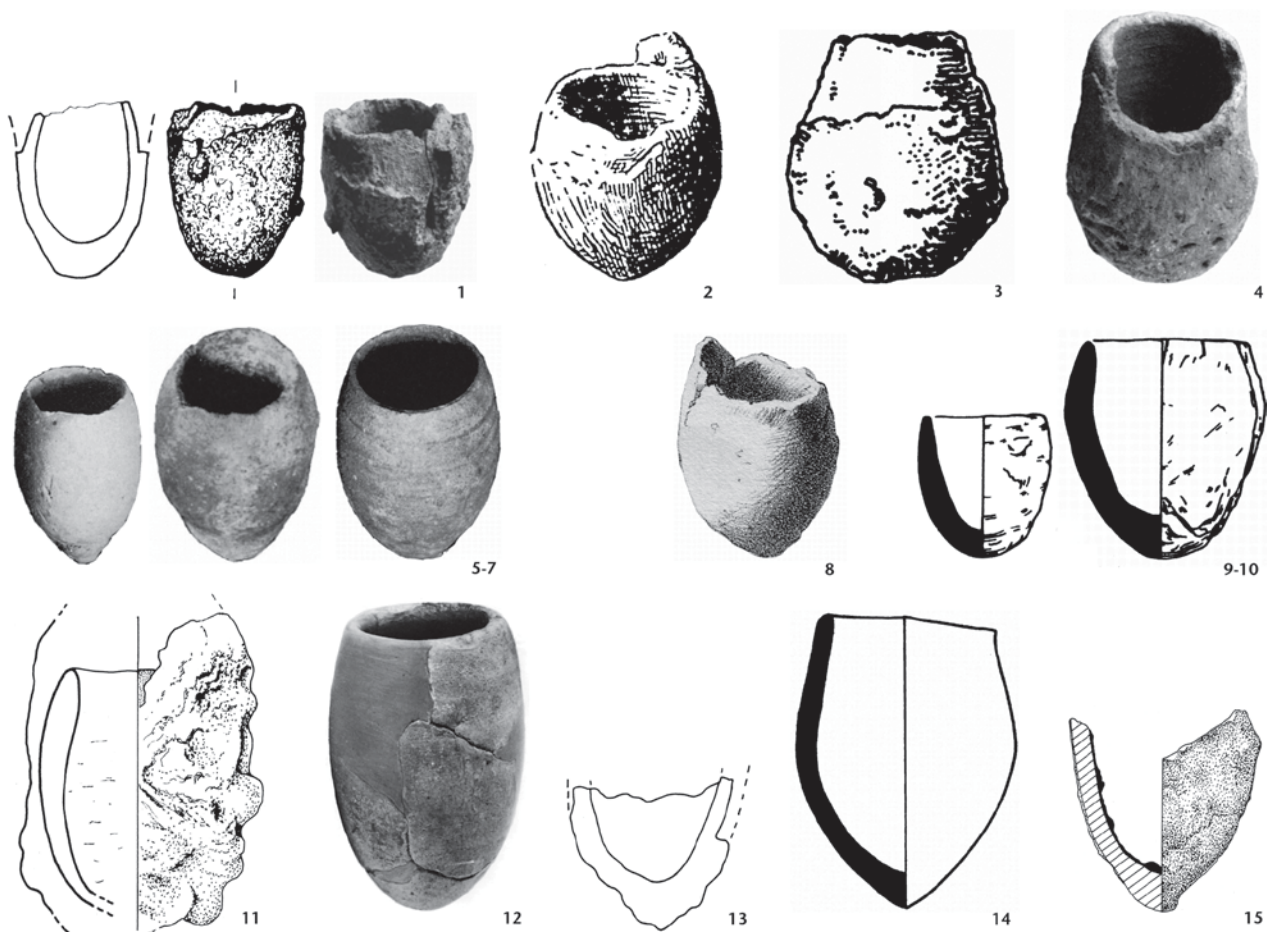


Abb. 18: Beispiele von «kleinen», d. h. eher schlanken Metallschmelztiegeln mit dünnem vertikalem Rand (in der Regel um 4–8 cm hoch): 1: Basel-Münster, Schicht 3 oben; 2 und 8: Wiesbaden/D, Kastell; 3 und 4: Strasbourg/F; 5–7: Rouen/F; 9 und 10: Thetford/GB; 11: Avenches/VD, Insula 20; 12: Rottweil/D; 13: Bathmen/NL; 14: Bliqui/B; 15: Xanten/D-Colonia Ulpia Traiana. M. 1:2.

bungen des Randprofils sind nur wenige exaktere Parallelen auszumachen, bezeichnenderweise mindestens ein Stück aus Avenches/VD (Abb. 18,11), das möglicherweise aus derselben Tongruppe 1 hergestellt ist wie viele seiner Vergleichsstücke aus Augusta Raurica. Oft haben auswärtige Stücke eine konisch-gerade und keine geschwungene Schulter-Randpartie (Abb. 18,3.4.11.15). Ein *Lutum*-Überzug auf solch kleinen Tiegeln ist in Augusta Raurica nicht immer aufgebracht worden, er kommt aber durchaus auch in anderen Regionen vor (s. Abb. 18).

Ein Ensemble mit gleich drei solch kleiner Tiegelchen aus Rouen/F stammt offenbar von einem *Goldschmiedeatelier* der ersten Hälfte des 2. Jahrhunderts (Abb. 18,5–7). Nebst den kleinen Schmelztiegeln kamen nämlich eine Gemme, Perlen, Armreifen und feine Goldtröpfchen zum Vorschein²²⁵. Ob die Tiegel nach der Erstpublikation einer archäometrischen Analyse unterzogen worden sind, entzieht sich meiner Kenntnis.

Beispiele kleiner, eiförmiger Tiegel vom kleinen Augusta-Raurica-Normaltyp (Abb. 18):

- Basel-Münster, Schicht 3 oben (augusteisch; Abb. 18,1)²²⁶
- Avenches/VD-Aventicum, Insula 20 (Abb. 18,11)²²⁷

- Sursee/LU, Käppelmatte (nicht abgebildet)²²⁸
- Chur/GR, Areal Dosch (nicht abgebildet)²²⁹
- Zerneß/GR (Profil wegen vollständiger Verschlackung und Verglasung unklar, nicht abgebildet)²³⁰
- Rottweil/D, in einem Ensemble mit Münzgussförmchen aus Ton (Abb. 18,12)²³¹
- Wiesbaden/D, Kastell (Abb. 18,2.8)²³²
- Xanten/D-Colonia Ulpia Traiana (Abb. 18,15)²³³
- Strasbourg/F (Abb. 18,3.4)²³⁴

225 Gallia 40, 1982, 293–306 (Informations archéologiques; Haute Normandie) bes. 300 Abb. 11.

226 Furger-Gunti 1979, 68 Abb. 39,7 und Taf. 21,356 (= hier Abb. 18,1).

227 Duvauchelle 2005, 109 Abb. 68, oben; König 2014, 109 ff. Abb. A1-4,67/8519; König 2015, 222 Abb. 4,7 (Inv. 67/8519; = hier Abb. 18,11) und weitere Fragmente; A. Schenk in Bull. APA 55, 2013, 293 Abb. 61.

228 Fetz u. a. 2003, 72 Abb. 67.

229 Hochuli-Gysel u. a. 1986, 368 Taf. 54,2a.2b; 69,3. Die beiden Bodenstücke gehören zu ca. 65 resp. 55 mm hohen Tiegeln, bestehen wie die aus Augusta Raurica aus «grauem, hartgebranntem» Ton (Tongruppe 1?) und haben im Inneren «grössere Bronzeschlackenreste» und aussen dicke *Lutum*-Schichten.

- Brumath / F, neues, ungebrauchtes Exemplar aus einer Töpferei sowie gebrauchtes, verschlacktes Stück (nicht abgebildet)²³⁵
- Autun / F-Augustodunum (nicht abgebildet)²³⁶
- Rouen / F, Place de la Cathédrale: 3 Stück mit Höhen von 3,8, 5,3 und 6,0 cm (Abb. 18,5–7)²³⁷
- Javols / F-Anderitum (nicht abgebildet)²³⁸
- Bliqui / B (Abb. 18,14)²³⁹
- Thetford / GB (Abb. 18,9.10)²⁴⁰
- Chedworth / GB, Villa (nicht abgebildet)²⁴¹
- Verulamium / GB (nicht abgebildet)²⁴²
- Wroxeter / GB (nicht abgebildet)²⁴³
- Nettleton / GB (nicht abgebildet)²⁴⁴
- Silistra / BG-Durostorum (nicht abgebildet)²⁴⁵
- Bathmen / NL (Freies Germanien, 4./5. Jh.; Abb. 18,13)²⁴⁶.

Mittelgrosse, meist beutelförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, mittelgross)

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Die etwas willkürlich definierten «mittelgrossen» Metallschmelztiegel von ca. 8–12 cm Grösse, die in der Regel etwas bauchiger sind (Abb. 15, mi1–mi3), in Augusta Raurica aber oft noch eiförmig-spitz zulaufende Böden haben, sind an anderen Fundorten in vielen exakten, d.h. ebenfalls spitz-eiförmigen Parallelen nachgewiesen. Vereinzelt ist der Tiegelboden besonders spitz und dünn ausgestaltet (Taf. 12, **T286**).

Auswärtige Beispiele

In dieser mittleren Tiegelgrösse variieren die Umrisse noch etwas mehr als bei den ganz kleinen Stücken. Sie können entweder steilwandig-schlank (Abb. 19,1–11) oder beutelförmig-gedrungen (Abb. 19,12–16) sein, und eine Abgrenzung zu den extrem steilwandigen (s. unten mit Abb. 41) resp. kugelförmigen (Abb. 39) Tiegeln ist fließend. Die Randformen sind meist gerade-verrundet und ausserhalb von Augusta Raurica in dieser Tiegelgrösse kaum je innen verdickt. Die Wandstärken variieren stark, und nicht immer ist klar, ob in den Publikationen eine allfällige *Lutum*-Schicht mitgezeichnet ist. Oft ist die ursprüngliche Tiegelform durch dieses deformierte und bisweilen dick aufgequollene äussere *Lutum* zu einem unförmigen Gebilde geworden.

Beispiele mittelgrosser, meist beutelförmiger Tiegel vom mittleren Augusta-Raurica-Normaltyp (Abb. 19):

- Avenches / VD-Aventicum, Insula 14 (Abb. 19,4)²⁴⁷
- Avenches / VD-Aventicum, Insula 15 (nicht abgebildet)²⁴⁸
- Chur / GR-Welschdörfli (nicht abgebildet)²⁴⁹
- Soller / D, unbenutzter Töpfereifund! (Abb. 19,1.2)²⁵⁰
- Niederbieber / D (nicht abgebildet)²⁵¹
- Ladenburg / D, Kellerei (nicht abgebildet)²⁵²

- Ellingen / D, Kastell (nicht abgebildet)²⁵³
- Rheingönheim / D (Abb. 19,12)²⁵⁴
- Alteburg-Hefttrich / D (Abb. 19,10)²⁵⁵
- Eining / D (Abb. 19,15)²⁵⁶
- Pachten / D, in einem Ensemble mit Münzgussförmchen aus Ton (nicht abgebildet)²⁵⁷
- Pachten / D (nicht abgebildet)²⁵⁸
- Salzburg / A-Iuvantum, Alte Redidenz (nicht abgebildet)²⁵⁹.
- Salzburg / A-Iuvantum (nicht abgebildet)²⁶⁰.

230 Rageth 1983, 135 Abb. 23,10.

231 Nuber / Raub 1988, 347 ff.; 363 f., Taf. 7,5.6 (= hier Abb. 18,12) und Umschlagbild.

232 Ritterling 1909, 34 f.; 121 f. Abb. 18,3 (= hier Abb. 18,2); Reuter 1871, 53, Taf. 7,13 (= hier Abb. 18,8). Ein weiteres Exemplar aus Wiesbaden bei P. Pinsker, in Cyszk 1994, 235–247 bes. 240, Taf. 20, rechts.

233 Rehren 1997, 22 Abb. 15 (= hier Abb. 18,15).

234 Poulsen 1977, Abb. 2,9 (= hier Abb. 18,3); Schnitzler 1996, 164 Kat.-Nr. 130, mit Abb. (Strassburg / F) (= hier Abb. 18,4).

235 Higelin 2015, 149 Abb. 2, unten; 4.

236 Chardon-Picault 2007, 42 f. Abb. 30 und 31 («creuset de recyclage ... à l'origine fermé par un bouchon», mit enger Mündung, H. 76 mm; die äussere Schlackenschicht ist – vom Hinstellen in heissem Zustand? – an der Basis tropfenförmig ausgeweitet und abgeflacht).

237 Gallia 40, 1982, 293–306 (Informations archéologiques; Haute Normandie) bes. 300 Abb. 11 (= hier Abb. 18,5–7).

238 Rabeisen u. a. 2010, 346 Abb. 8,67 (Tab. 1: 140 ml Inhalt).

239 Amand 1975, Abb. 11,1 (= hier Abb. 18,14).

240 Bayley 1984A, Abb. 175,339.340 (= hier Abb. 18,9.10).

241 Goodburn 1976, 23; 35 Taf. 15,2 (2 typische Bodenfragmente).

242 Frere 1972, Abb. 141,3 (nur Mittel- und Bodenpartie).

243 Bushe-Fox 1913, 10 Abb. 2, links und rechts (Tiegelhöhen ca. 57 resp. 70 mm).

244 Wedlake 1982, 74 f. Abb. 40 (Höhe 38 mm, schmal mit geradem Rand und dickem Boden; seitlich [sekundär?] angebrachte Handhabe [ähnlich Taf. 25, **T851**?]; spätes 4. Jh.).

245 Elefterescu 2013, 193 Taf. 10,2.

246 Groenwoudt / Erdrich 1997, Abb. 6, oben (= hier Abb. 18,13).

247 Bögli 1996, Abb. 71 (= hier Abb. 19,4); Duvauchelle 2005, Abb. 68, links; König 2014, 109 ff. Abb. A1-4,67/9918; König 2015, 222 Abb. 4,1 (Inv. 67/9918).

248 Ganz erhaltener Tiegel mit *Lutum* (Grösse unbekannt): Blanc / Schenk 2014, Abb. S. 13.

249 Hochuli-Gysel u. a. 1986, 368 Taf. 54,2a.2b; 69,3a.3b.

250 Haupt 1984, Taf. 199,10.11 (= hier Abb. 19,1.2; s. unten mit Anm. 583).

251 Oelmann 1914, 79 Taf. 4,119 (unten sehr spitz).

252 Schmidts 2004, Taf. 35, G88a.

253 Zanier 1992, 289, Taf. 101, L1–L4.

254 Ulbert 1969, Taf. 61,10 (= hier Abb. 19,12).

255 Jacobi 1904, 17 (= hier Abb. 19,10; S. 17: «Die äussere Umkleidung, die viele Quarzteile enthält, ist zum grösseren Teil abgefallen, so dass der Kern des Napfes bloss liegt.»).

256 Gschwind 1997, Abb. 3,4.5 (Abb. 3,4 = hier Abb. 19,15).

257 Cüpers 1983, 295 Abb. 256,b (Tiegelhöhe 105 mm; mit älterer Lit.).

258 Schindler 1964, 18 Abb. 6,9 (o. M.).

259 Knauseder 2010, 190 Abb. 4.

260 Lang u. a. 2012, 109 Abb. 24.

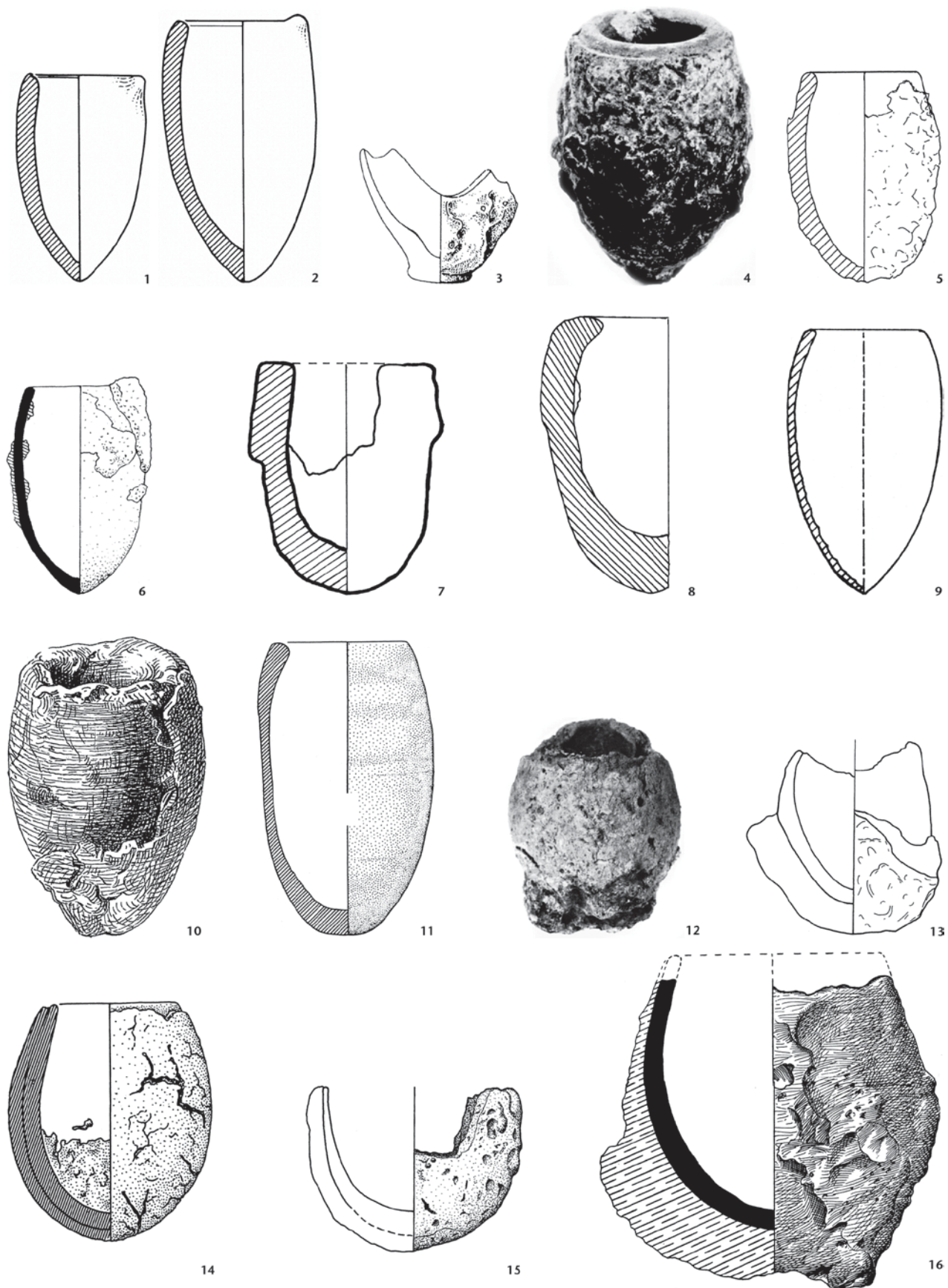


Abb. 19: Beispiele von «mittelgrossen», d. h. eher bauchigen Metallschmelztiegeln von ca. 8–12 cm Höhe: 1 und 2: Soller / D, unbenutzter Töpfereifund!; 3: Wien / A-Vindobona; 4: Avenches / VD; 5: Saint-Mard / F; 6 und 11: Mâlain / F-Mediolanum; 7 und 8: Timisoara-Tibiscum / ROI (die Einziehungen aussen in der Schlackenschicht von Nr. 7 sind vermutlich Zangeneindrücke); 9: Bliesbruck / F; 10: Alteburg-Heftrich / D; 12: Rheingönheim / D; 13: Ladenburg / D; 14: Bordeaux / F-Les Grands-Hommes; 15: Eining / D; 16: Camulodunum / GB. M. 1:2.

- Wien / A-Vindobona (Boden wie Augusta Raurica, Abb. 9 [dazu oben mit Anm. 110]; Abb. 19,3)²⁶¹
- Brumath / F, vermutlich Fehlbrand, ungebraucht, aus einer Töpferei! (nicht abgebildet)²⁶²
- Bliesbruck / F (mit Rheinheim / D) (Abb. 19,9)²⁶³
- Bordeaux / F-Les Grands-Hommes (Abb. 19,14)²⁶⁴
- Mont Beuvray / F-Bibracte (nicht abgebildet)²⁶⁵
- Mâlain / F-Mediolanum (Abb. 19,6.11)²⁶⁶
- Saint-Mard / F (Abb. 19,5)²⁶⁷
- Selongey / F-Tuillières (nicht abgebildet)²⁶⁸
- Autun / F-Augustodunum (nicht abgebildet)²⁶⁹
- Camulodunum / GB (Abb. 19,16)²⁷⁰
- Snodland / GB (nicht abgebildet)²⁷¹
- Timisoara-Tibiscum / RO, Metallwerkstatt II (Abb. 19,7.8)²⁷².

Auswärtige Belege aus Töpfereien

Die oben geäußerte Vermutung, dass Metallschmelztiegel in *Töpfereien* scheibengedreht und gebrannt worden sind, bestätigt sich mit einigen gebrannten, aber ungebrauchten Exemplaren aus dem römischen Töpferbezirk in Solter / D (Abb. 19,1.2; s. unten mit Anm. 583). Den insgesamt elf Rand- und Bodenfragmenten ist ein gelblich-ockerfarbener Scherben mit «dichter Magerung, tongrundiger Oberfläche, ziemlich rau, ... sehr hart gebrannt» eigen. Die ebenfalls ungebrauchten Tiegelfunde aus der elsässischen Töpferei in Brumath / F scheinen sogar *Fehlbrände* zu sein, denn ihre Ränder weisen feine, wohl beim Brand entstandene Risse auf (s. oben mit Anm. 262 und unten mit Anm. 276).

Grosse beutelförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, gross)

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Die grösste in Augusta Raurica vorgefundene Tiegelgruppe ist in ihrer Gestalt eher beutelförmig als eiförmig-spitz zulaufend (Abb. 15,gr1–gr3). Vor allem in dieser Grössengruppe kann der üblicherweise eher spitze Boden auch deutlich verrundet sein – vor allem innen. Mit zunehmender Grösse wird der getöpferte Tiegel am Rand mit einer Verdickung ausgeformt, und umso mehr macht sich ein Einzug der Mündung bemerkbar. Diese grossen Tiegel sind in aller Regel vor dem Gebrauch im Schmelzfeuer lütiert worden, und bei nur ganz wenigen – ungebrauchten? – Exemplaren fehlt diese verschlackte Schutzschicht (Taf. 17, **T504.T505**).

Diese meist 12–15 cm hohe Gruppe erreicht in Augusta Raurica im Ausnahmefall bis rund 20 cm Gesamthöhe (Abb. 16: Höhe rekonstruiert).

Auswärtige Beispiele

Die in Augusta Raurica als «Normaltyp» bezeichneten beutel- bis eiförmigen Tiegel sind in grossen Formaten durchaus auch andernorts geläufig (Abb. 20). Wegen der starken

Fragmentierung sind selten ganze Tiegel restauriert und rekonstruiert worden, so dass sich in der Literatur nur wenige Stücke mit entsprechender Höhe ausmachen lassen. Die Variationsbreite ist aber gross. So kommen gerade-verrundete Ränder ebenso vor wie innen typisch verdickte (Abb. 20,1.6). Die Böden können sehr spitz (Abb. 20,3) oder sogar etwas abgeflacht sein (Abb. 20,8).

Beispiele grosser, beutelförmiger Tiegel vom grossen Augusta-Raurica-Normaltyp (Abb. 20):

- Avenches / VD (nicht abgebildet)²⁷³
- Köln / D (Abb. 20,4)²⁷⁴
- Holzhausen / D (Abb. 20,1)²⁷⁵
- Brumath / F, vermutlich Fehlbrand, 22 cm hoch, ungebraucht, aus einer Töpferei! (nicht abgebildet)²⁷⁶
- Autun / F-Augustodunum, mit runden und abgeflachten Böden (Abb. 20,7.8)²⁷⁷
- Mont Beuvray / F-Bibracte (nicht abgebildet)²⁷⁸
- Mâlain / F-Mediolanum (Abb. 20,6)²⁷⁹
- Selongey / F-Tuillières (nicht abgebildet)²⁸⁰
- Bliques / B (Abb. 20,5 [Orientierung des Randes vermutlich falsch])²⁸¹
- Hill Farm / GB (Abb. 20,2.3)²⁸².

261 Sedlmayer 1998, Abb. 1,1cR (= hier Abb. 19,3).

262 Higelin 2015, 149 Abb. 2, links.

263 Greff 1993, Abb. 2, oben (= hier Abb. 19,9).

264 Feugère 1997A, Abb. 132 Abb. 13,121 (= hier Abb. 19,14).

265 Champion 1916, 241 Taf. 14,24220; Pinette u. a. 1987, 38 Kat.-Nr. 58.

266 Roussel 1988, Taf. 80,687b; Roussel 2003, Abb. 579, Mitte oben (= hier Abb. 19,6); Rabeisen 1990, 128 Kat.-Nr. 234.1; Abb. S. 129, oben (= hier Abb. 19,11).

267 Clausse 1994, 139 Abb. 7,1 (= hier Abb. 19,5).

268 Rabeisen 1990A, 128 f. Abb. Kat.-Nr. 234.1.

269 Chardron-Picault 2007, 40 Abb. 27, Mitte (H. 88 mm).

270 Hawkes / Hull 1947, Abb. 65,4 (= hier Abb. 19,16).

271 Bayley / Rehren 2007, Abb. 3,f (H. ca. 125 mm).

272 Benea / Petrovsky 1987, Abb. 4,4.5 (= hier Abb. 19,7.8).

273 Duvauchelle 2005, Abb. 68, rechts (Form unsicher, Bodenfragment; Durchmesser ca. 14 cm); König 2014, 109 ff. Abb. A1-4,73/3409; König 2015, 223 Abb. 4,10 (Inv. 73/3409; Form unsicher, Bodenstück).

274 Rosenberg 1910, Abb. 73 und 74 (73 = hier Abb. 20,4).

275 Pferdehirt 1976, Taf. 20,F1486 (= hier Abb. 20,1).

276 Higelin 2015, 149 Abb. 2, rechts.

277 Chardron-Picault / Pernot 1999, 218 ff. Abb. 186, 1–4; 199,5.6 (Töpfe oder Tiegel? = hier Abb. 20,7.8); Chardron-Picault 2007, 40 Abb. 27, rechts (H. 121 mm, mit *Lutum* verengte Mündung; hier nicht abgebildet).

278 Almagro-Gorbea u. a. 1991, 278 Abb. 6, unten.

279 Rabeisen 1990, 128 f. Kat.-Nr. 234.2 (= hier Abb. 20,6).

280 Rabeisen 1990A, 128 f. Abb. Kat.-Nr. 234.2.

281 Amand 1975, Abb. 11,2 (= hier Abb. 20,5).

282 Draper 1985, Abb. 38,433–435 (= hier Abb. 20,2.3).

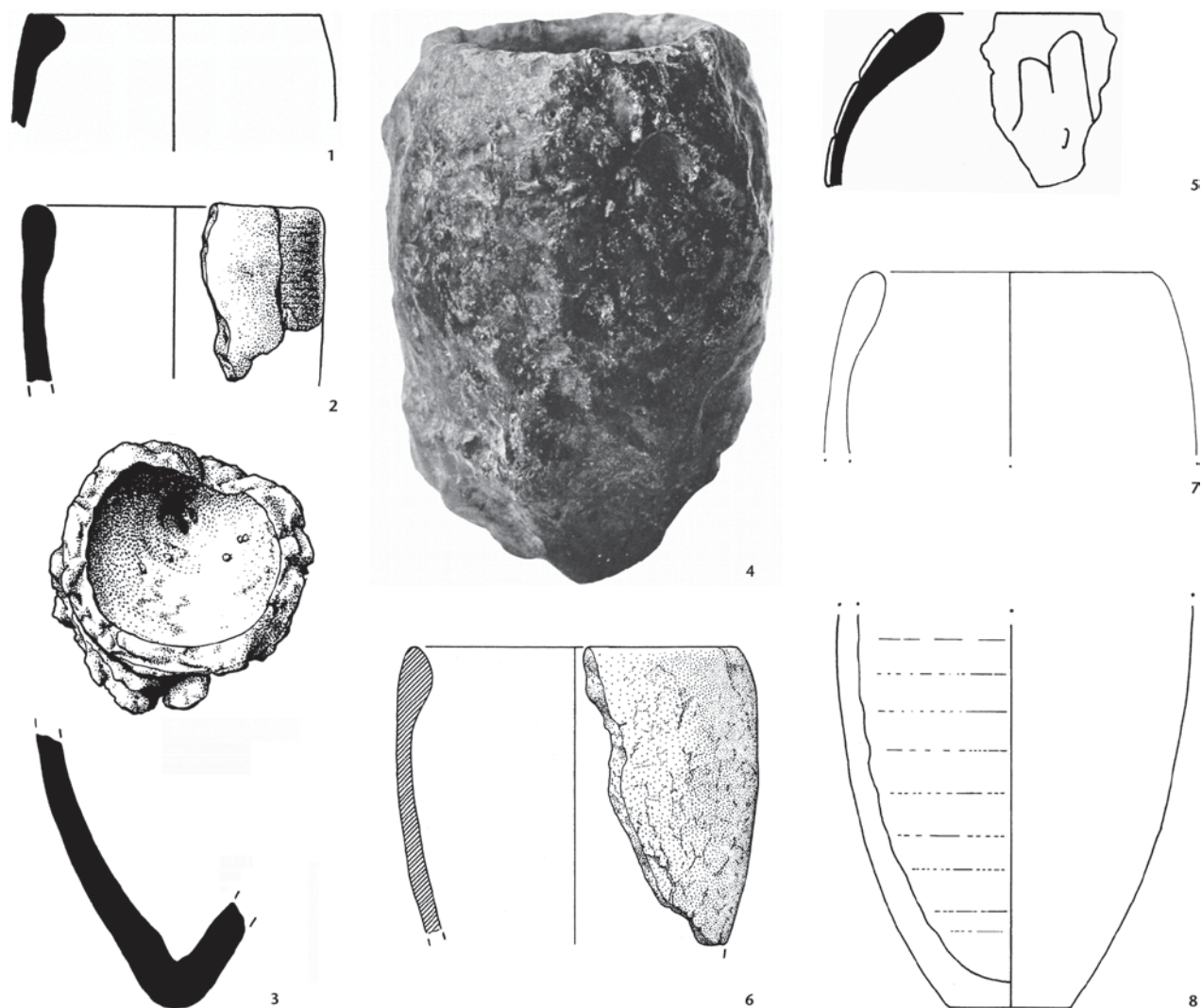


Abb. 20: Beispiele von «grossen», stets bauchigen Metallschmelztiegeln mit deutlich einziehendem Wulstrand von 12 und mehr Zentimetern Höhe: 1: Holzhausen/D; 2 und 3: Hill Farm/GB; 4: Köln/D; 5: Bliquy/B; 6: Mâlain/F-Mediolanum; 7 und 8: Autun/F-Augustodunum. M. 1:2.

Volumenermittlung ganz erhaltener Tiegel vom Normaltyp

Grundsätzliches

In Zusammenhang mit der Herstellung von antiken Grossbronzen ist das Chargenvolumen ein in der Literatur oft diskutiertes Thema. Es geht letztlich um die Frage, bis zu welchem Gewicht ein Objekt mit Hilfe eines beutelförmigen, von aussen beheizten und mit einer Tiegelzange manövierten Tiegels gegossen werden kann. Dieses Volumen wird durch verschiedene Faktoren wie Stabilität des Tiegelgefässes, Manövrierbarkeit und Erhitzung im Feuer auf Schmelztemperatur eingeschränkt. Dass für Grossbronzen in der griechischen und römischen Antike – zumindest im Mittelmeerraum – grosse, von oben beheizte Schalen, ja sogar stationär eingetiefte Schmelzmulden Verwendung fanden, gilt heute als unbestritten. In solchen Wannentiegeln oder mit Lehm ausgekleideten Mulden konnten ohne weiteres 180 Kilo Bronze aufs Mal erschmolzen werden²⁸³.

Methodik der Volumenermittlung

Um das Spektrum der in Augusta Raurica und anderen Werkstätten der römischen Nord- und Nordwestprovinzen eingesetzten Tiegel zu überblicken, habe ich die Volumina einiger Beispiele ermittelt (Abb. 21). Es wurden zwei Ermittlungsmethoden angewandt, nämlich jene von Béat Arnold und jene von Norbert Spichtig und Pia Kamber²⁸⁴, und daraus Mittelwerte errechnet. Zudem hat Max Martin vor Jahrzehnten die Volumina weniger weiterer Tiegel ermittelt²⁸⁵.

283 Dieser Zahl liegen die Tiegelreste von Olympia/GR (5. Jh. v. Chr.) zugrunde, die einen rekonstruierten Innendurchmesser von rund 0,4 m und eine Füllhöhe von rund 0,15–0,20 m haben. Dies ergibt ein Chargenvolumen von 22.000 cm³ und bei einem spezifischen Gewicht von 8,6 ein Bronzegewicht von etwa 180 Kilogramm! Heilmeyer 1993, Abb. 1.7.

284 Arnold 1980; Spichtig/Kamber 1991.

285 Siehe Angaben im Katalog (T23 [wie Abb. 21]; T188 und T446), erstellt anlässlich des Aufsatzes Martin 1978.

Kat. T10 (Inv. 1969.630):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	13	15	10		4419,2	
Segment 2	15	14	10		4712,4	
Segment 3	14	11	12		4297,7	
Segment 4	11	5	8		1357,2	
Segment 5	5	1	5		167,6	
Segment 6 (unten)	1				0,0	
Innenhöhe:			45			14 954,0
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			86		(nach Spichtig)	15,0
Bronzegewicht in g:			-		(nach Arnold)	-
Bronzegewicht in g:			81		(nach Furger)	14,1
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			83		Mittelwert	14,5

Kat. T23 (Inv. 1963.987):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	11	15	9		3506,0	
Segment 2	15	15	22		11 058,4	
Segment 3	15	11,5	14		5626,1	
Segment 4 (unten)	11,5	0	15		2258,0	
Innenhöhe:			60			22 448,5
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			129		(nach Spichtig)	22,4
Bronzegewicht in g:			165		(nach Arnold)	28,8
Bronzegewicht in g:			158		(nach Furger)	27,6
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			151		Mittelwert	26,3

Kat. T188 (Inv. 1960.1866):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	15	24	19		16 713,3	
Segment 2	24	25	12		15 708,0	
Segment 3	25	25	10		13 613,6	
Segment 4	25	21	12		13 973,8	
Segment 5	21	10	15		8984,9	
Segment 6 (unten)	10	0	5		576,0	
Innenhöhe:			73			69 569,5
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			399		(nach Spichtig)	69,6
Bronzegewicht in g:			560		(nach Arnold)	97,6
Bronzegewicht in g:			400		(nach Furger)	69,9
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			453		Mittelwert	79,0

Kat. T195 (Inv. 1962.10544):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	14	18	15		8670,8	
Segment 2	18	20	34		27 130,8	
Segment 3	20	17	12		9123,2	
Segment 4	17	10	10		4356,3	
Segment 5	10	1	5		586,4	
Segment 6 (unten)	1				0,0	
Innenhöhe:			76			49 867,5
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			286		(nach Spichtig)	49,9
Bronzegewicht in g:			417		(nach Arnold)	72,8
Bronzegewicht in g:			364		(nach Furger)	63,5
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			356		Mittelwert	62,1

Kat. T211 (Inv. 1979.12233):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	17	25	13		13 014,6	
Segment 2	25	32	17		30 370,8	
Segment 3	32	30	15		31 196,0	
Segment 4	30	23	14		21 727,2	
Segment 5	23	15	10		8293,8	
Segment 6 (unten)	15	1	7		1774,0	
Innenhöhe:			76			106 376,3
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			610		(nach Spichtig)	106,4
Bronzegewicht in g:			936		(nach Arnold)	163,2
Bronzegewicht in g:			860		(nach Furger)	150,0
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			802		Mittelwert	139,9

Kat. T446 (Inv. 1956.1406):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	22	35	29		53 631,1	
Segment 2	35	33	32		79 821,5	
Segment 3	33	22	26		44 325,7	
Segment 4	22	14	13		9747,3	
Segment 5	14	1	9		1998,1	
Segment 6 (unten)	1				0,0	
Innenhöhe:			109			189 523,7
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			1087		(nach Spichtig)	189,5
Bronzegewicht in g:			1605		(nach Arnold)	280,0
Bronzegewicht in g:			1385		(nach Furger)	241,6
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			1359		Mittelwert	237,0

Kat. T489 (Inv. «ohne Nummer»):						
	Rad. oben	Rad. unten	Segmenthöhe		Segmentvolumen	Volumen total
Segment 1 (oben)	35	47	25		92 048,6	
Segment 2	47	50	16		80 525,2	
Segment 3	50	51	17		92 607,8	
Segment 4	51	42	31		144 720,5	
Segment 5	42	26	20		52 527,4	
Segment 6 (unten)	26	2	17		12 604,1	
Innenhöhe:			126			475033,5
						in cm³:
Bronzegewicht in g:			2724		(nach Spichtig)	475,0
Bronzegewicht in g:			4214		(nach Arnold)	735,0
Bronzegewicht in g:			3268		(nach Furger)	570,0
Bronzegewicht in g (bei 2/3 Füllung!):			3402		Mittelwert	593,3

Abb. 21: Volumenermittlung einiger Schmelztiegel aus Augst. Berechnungsgrundlagen nach Arnold 1980 und Spichtig / Kamber 1991. Dem theoretisch ermittelten Bronzegewicht liegt ein spezifisches Gewicht von $8,6 \text{ g/cm}^3$ und eine Tiegelfüllung zu 2/3 des Gefässvolumens zugrunde. Hinzu kommen die von Max Martin ermittelten Tiegelvolumina von ca. 95 cm^3 von **T188** und 330 cm^3 von **T446**.

Es genügt, das Grössenspektrum von einigen ganz erhaltenen Tiegeln zu ermitteln, wenn darunter sowohl die kleinsten als auch die grössten Exemplare vertreten sind. Setzt man die Extreme noch etwas weiter an, ergibt sich eine Variationsbreite von etwa 10 cm^3 bis mindestens 850 cm^3 . Dies entspräche bei einer 2/3-Tiegelfüllung der kleinsten Tiegel einer Charge von 60 Gramm Bronze. Selbstverständlich ist die Menge der Metallschmelze dem Bedarf entsprechend nach unten beliebig reduzierbar. In den grössten Tiegeln von Augusta Raurica konnten andererseits bis zu 8 Kilogramm Metall erschmolzen werden.

Grössenspektren anderer Tiegelserien

Aus der Literatur sind nur wenige Beobachtungen zum Grössenspektrum umfangreicherer Tiegelserien ersichtlich. Zum Vergleich gebe ich einen Überblick über die wenigen von anderen Autoren ermittelten Fassungsvermögen von Schmelztiegeln:

	Inhalt in ml (cm³)
<i>Augusta Raurica</i> : Wie oben eruiert (Abb. 21), fassen die Augster Tiegel etwa 10 cm^3 bis mindestens 850 cm^3 , was bei 2/3-Füllung rund 60 Gramm bis 8 Kilogramm Bronze entspricht.	10–850
<i>Nordwestprovinzen</i> : Nach Ronald F. Tylecote sind frühe, d. h. römische Schmelztiegel relativ klein, in der Grössenordnung von $10\text{--}100 \text{ cm}^3$. Grössere Tiegel über 1000 cm^3 und bis zu 1500 cm^3 kämen in Europa erst im Spät- und Nachmittelalter auf ²⁸⁶ .	10–100
<i>Gaule Romaine</i> / F: Elisabeth Rabeisen und Alain Rebourg vergleichen die Tiegel aus den Bronzewerkstätten vom Mont Beuvray, Autun, <i>Alesia</i> , Mâlain, Bolards und Châlon-sur-Saône und kommen zum Schluss, dass sie «presque toujours de petite taille» seien und nur etwa 25 ml Metall fassen würden; die grösseren Tiegel stammten einzig aus Autun und <i>Alesia</i> ²⁸⁷ .	Ø 25
<i>Walheim</i> / D: Tiegel aus dem römischen Kastell II ²⁸⁸ .	70–150
<i>Autun</i> / F-Lycée militaire: Vom 650 kg umfassenden Tiegelmateriale sind leider nur vier Exemplare abgebildet. Die Gesamtheit soll sich in kleinere Tiegel mit 0,15–0,2 l, mittlere mit rund 0,5 l und grosse (inkl. Zementationstiegel) mit über 1,5 l Fassungsvermögen aufteilen. Unter Berücksichtigung der nicht kompletten Füllung wird von 1–1,5 resp. 3–4 bzw. 10–12 kg schweren Bronzechargen ausgegangen ²⁸⁹ .	15–1500

286 Tylecote 1986, 99 (zusammengefasst bei Craddock 2013, 10).

287 Rabeisen / Rebourg 1989, 474.

288 Hauptmann / Weisgerber 2004, 544.

289 Chardon-Picault / Pernot 1999, 176.

	Inhalt in ml (cm³)
<i>Lyon / F</i> , grosse römische Zementationstiegel (mit Deckel) zur Messingproduktion mittels Zementation (Abb. 29,11): «plusieurs litres» resp. «30 à 35 l ... plus petits», offenbar produziert in einer «standardisation voulue» ²⁹⁰ .	bis 35 000
<i>Javols / F</i> -Anderitum: grösserer Bestand von über 175 Tiegelfragmenten mit einem sehr breiten Grössenspektrum ²⁹¹ , gruppiert in Grössenklassen für folgende Metallgewichte: <100 g («creusets d'orfèvres»), <500 g, 0,5–1,5 kg und >2 kg.	19–3434
<i>Gardanne / F</i> , 6. Jh. n. Chr., Reste von 42 formal recht einheitlichen Tiegeln, handgemacht, zylindrisch mit Rundboden und Ausguss: mittleres Fassungsvermögen «250 cm³ environ, soit 2 kg de métal» ²⁹² .	Ø 250
<i>Höxter / D</i> -Corvey, karolingische Reichsabtei: mittelalterliche Schmelztiegel ²⁹³ .	16–50
<i>Plettenberg / D</i> : mittelalterliche Schmelztiegel ²⁹⁴ .	um 95 (z. T. >500)
<i>Qantir / AEG</i> , 13.–10. Jh. v. Chr.: Mehrere fragmentierte Tiegel lassen auf Nutzgewichte von 1,4 bis 2,2 kg Kupferlegierung schliessen. Sie sind trotz der sehr grossen altägyptischen Giessereianlage also von bescheidener Grösse ²⁹⁵ .	150–250
In den grossen flachen, von oben beheizten <i>Tiegelschalen und -wannen</i> , die im klassischen Griechenland im Einsatz waren, konnten ohne Weiteres 10–180 kg Bronze geschmolzen und ausgegossen werden ²⁹⁶ .	1100–20 000

Tiegel vom Normaltyp mit aussen leicht verdicktem Rand

Eine kleinere Gruppe von acht Tiegeln weicht in der Randform etwas von den normalen Ausprägungen mit nach innen leicht verdicktem Rand (Abb. 15) ab. Ihre Ränder sind auch aussen leicht verdickt und bilden einen feinen Absatz rund 10–15 mm unter dem Rand (Taf. 25, **T842–T850**)²⁹⁷. Diese spezielle Randausprägung könnte ebenfalls werkstatsspezifisch sein.

Diese kleine Tiegelserie besteht aus graubeigem, sehr feinem Ton und weist oft innen wie aussen beige oder braune Flecken auf. Sie liegen sowohl ungebraucht vor (Taf. 25, **T850**) als auch gebraucht mit einem *Lutum*-Überzug (Taf. 25, **T849**).

Das Stück **T845** stammt aus Insula 18; **T850** aus Insula 21; **T842–T844**, **T846** und **T847** alle aus Insula 30; **T849** aus Insula 31 und **T848** aus Insula 50. Die spezielle Randausprägung ist also kein werkstatsspezifisches Versorgungsphänomen. Vier dieser Tiegel sind analysiert und konnten tatsächlich alle der Tongruppe 1 zugewiesen werden (**T842–T844** und **T849**). Diese Sonderform resp. ihr Rohmaterial stammt demzufolge ebenfalls aus der Gegend von Châtelat / BE im Jura.

Diese Formvariante («Normaltyp», aber mit leicht verdicktem Rand) gelangte in fünf verschiedenen Buntmetallwerkstätten in der Oberstadt von Augusta Raurica zum Ein-

satz (s. oben). Die Datierung der Stücke fällt aufgrund der nicht immer eindeutigen Fundkomplex-Datierungen vage in das 2./3. Jahrhundert. Von den fünf Stücken aus Insula 30 fanden sich vier mit Geschirrkera- mik aus der Mitte des 2. Jahrhunderts, das fünfte aus der 1. Hälfte des 3. Jahrhunderts. Mit dem Stück **T850**, das aus einem Kontext des letzten Drittels des 2. bis zum ersten Viertel des 3. Jahrhunderts stammt, ist die Zeit dieser speziellen «Töpferhand» wohl am schärfsten umrissen. Wir wissen aber nicht, wo der Ton aus der Châtelat-Gegend verarbeitet und gebrannt wurde, bevor die Endprodukte in die Giesserwerkstätten von Augusta Raurica gelangten.

Tiegel mit Griffflaschen

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Das Anbringen einer Tonlasche resp. einer Griffknubbe aussen an einem Schmelztiegel erleichtert an sich dessen Handhabung mit der Zange im Feuer. Das Prinzip ist schon bei den sehr dickwandigen spätneolithischen und bronzezeitlichen Flachtiegeln vorhanden, deren massive Griffzungen sogar mit einer hölzernen «Zange» bequem gefasst werden können, und auch im Mittelalter noch vereinzelt gebräuchlich²⁹⁸. Ein an der Tiegelwand angebrachter Griffappen führt jedoch zu einem Ungleichgewicht und bricht leicht ab. Es verwundert deshalb nicht, dass derartige Tiegel selten sind (Abb. 23)²⁹⁹.

In Augusta Raurica ist dieser Typ nur zweimal vertreten, mit einem kleinen, vollständig lutierte- n Tiegelchen des «Normaltyps» (**T851**; Abb. 22,a–l) und mit einem Knubben-Wand-Fragment (Taf. 25, **T852**). Das ganz erhaltene Stück ist, wie die Neutronen-Tomographie ergeben hat, eigentlich ein normaler Tiegel (analog Taf. 1–6). Äusserlich ähnelt es einem Tiegel unbekannter Grösse aus Comac-

²⁹⁰ Picon u. a. 1995, 209; Picon 2007, 10.

²⁹¹ Rabeisen u. a. 201, 345 Abb. 8 (kleine Auswahl) Tab. 1 und 2.

²⁹² Pelletier u. a. 1991, 331 (Abb. 65 = hier Abb. 41,11 und 43,6).

²⁹³ Krabath u. a. 1999, 431 f. Abb. 2.

²⁹⁴ Krabath u. a. 1999, 431 f. Abb. 2.

²⁹⁵ Rehren / Pusch 2012, 216 Abb. 22.2.

²⁹⁶ Schneider / Zimmer 1984, 50.

²⁹⁷ Die spezielle Randprofilierung erinnert an einen seltenen, beim Osttor von Augusta Raurica hergestellten Schüsseltyp «mit S-förmigem Profil und verdicktem Rand» (Berger 1985, 45 und 102 Taf. 24, 282.283). Die im letzten Viertel des 1. Jahrhunderts entstandene Ware ist allerdings grau bis schwarz, hat leicht sandige Qualität und ist zum Teil geglättet. Den Bearbeitern waren «keine genau entsprechenden Parallelen bekannt», was die Eigenart und individuelle Randbildung noch betont. Aus Gründen der Chronologie und der Tonqualität darf unsere kleine Tiegelgruppe jedoch nicht mit der Augster «Osttorware» in Zusammenhang gebracht werden.

²⁹⁸ Lammers 2009, 56 f. Anm. 152 Abb. 28, rechts; Taf. 1,4; 6,94.

²⁹⁹ Ein kugelförmiges kleines Gefäss mit seitlicher Griffflasche wird wohl zu Recht als «Talglämpchen» und nicht als Tiegel bezeichnet (Fremersdorf 1950, Taf. 4,4).

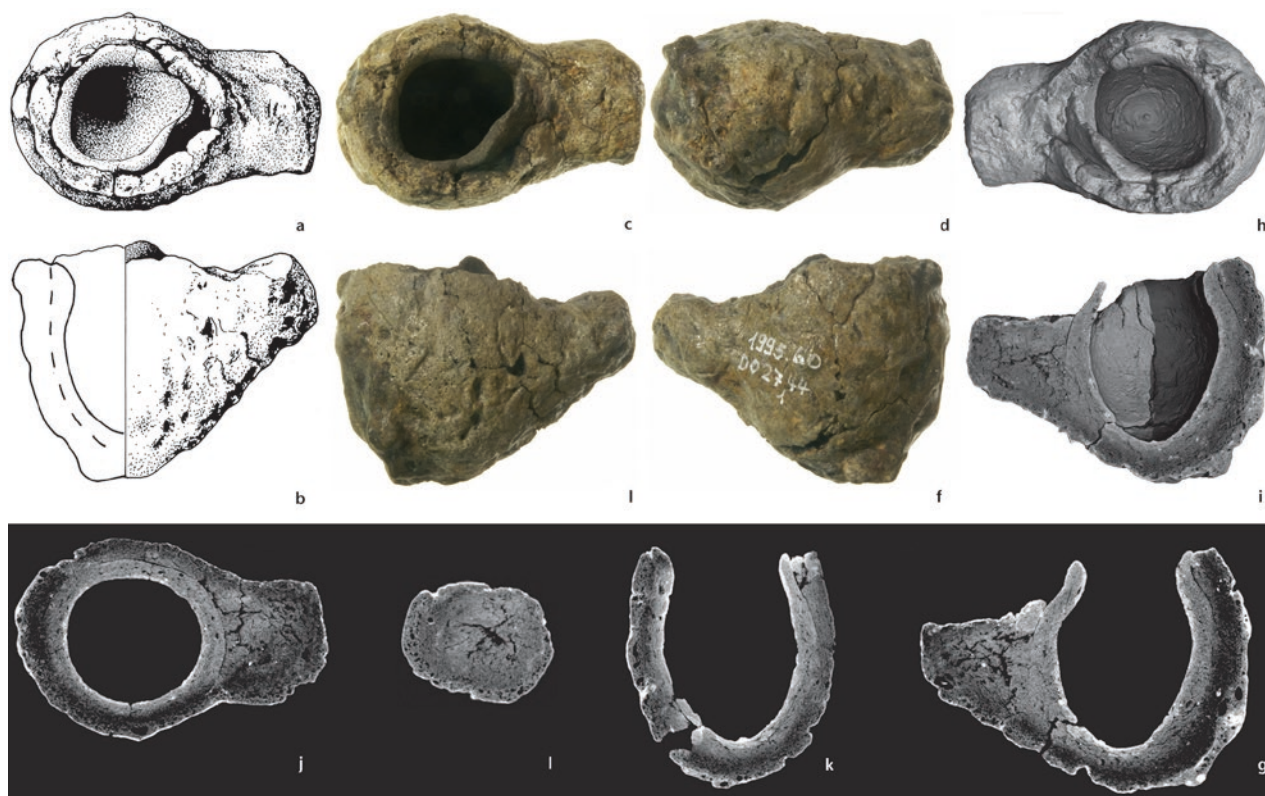


Abb. 22: Augusta Raurica, Tiegelchen mit Griffflasche **T851**. a und b Zeichnung; c–f Fotos von oben, unten und beiden Seiten; g–m Neutronen-CT-Durchstrahlungsbilder (g und h zwei parallele Schnittebenen durch die Griffflasche; i und j mit 3D-Projektion auf die Innenseiten; Rest Schnittbilder). M. 1:2.

chio / I (Abb. 23,3). Die Durchstrahlung bringt an den Tag, dass die Griffflasche *nicht* zusammen mit dem Tiegel getöpfert worden ist, sondern erst *nachträglich* bei der Anbringung der äusseren Tonschicht mitgeformt und «angeklebt» wurde (vor allem sichtbar auf Abb. 22,g,i,j). Der massive dicke Griff verleiht dem Tiegelchen ein Ungleichgewicht; wieso er angebracht wurde, ist unklar. Ob sich in der Praxis ein solchermassen «an-lutierter» Griff bewährt und während mehrerer Schmelzvorgängen gehalten hat, ist jedenfalls fraglich.

Das Griffflaschenfragment **T852** gehört zu einem etwas grösseren Tiegel und scheint auf der Gefässschulter angebracht zu sein. Seine Form erinnert stark an den Grifftiigel von der Saalburg / D (Abb. 23,4). Die Innenfläche dieses Fragments wurde nicht analysiert.

Archäometrisch untersucht ist nur das ganze Stück **T851**. Es enthält am Rand leicht erhöhte Spuren von Kupfer, Blei und Zink (Tabelle 1), aber keine Indizien für eine andere Verwendung als normales Schmelzen einer Buntmetalllegierung.

Auswärtige Beispiele

Die wenigen bekannten römischen Tiegel mit Griffflaschen müssen in *zwei Gruppen* separiert werden: die schlanken beutelförmigen Tiegel einerseits (Abb. 23,1–4; analog den beiden Exemplaren aus Augusta Raurica) und die napfförmigen Tiegel mit randständiger Griffflasche andererseits (Abb. 23, 5–7). Es könnte sein, dass die einen typisch rö-

misch sind und die anderen möglicherweise nur im Freien Germanien gebraucht wurden.

Aus der Saalburg / D stammt ein Altfund von 10 cm Höhe und breiter Beutelform (Abb. 23,4)³⁰⁰. Er besitzt, ganz ähnlich wie das Stück **T852**, eine mitgetöpferte dicke Lasche von etwa 2 cm Dicke, die seitlich 2 cm aus dem Tiegel herausragt. Diese erleichterte es dem Giesser, den heissen Tiegel mit der Zange zu greifen, ohne ihn dabei zu zerdrücken, hatte jedoch den Nachteil, bei sehr starker Hitze abzubrochen.

Für das schon oben erwähnte, auffallend flache Tiegelchen aus Klein Köris / D wird in der Rekonstruktion ebenfalls eine randständige Griffflasche vorgeschlagen (Abb. 23,6 und 26,24)³⁰¹. Mangels grösserer Fragmente bleibt die Gesamtform jedoch etwas hypothetisch.

Einen besonderen Fall stellen sechs handgemachte Tiegelfragmente aus dem Legionslager von Neuss / D dar. Sie lassen sich vermutlich zu einem Tiegel mit aus der Wan-

³⁰⁰ Rosenberg 1910, Abb. 69 (= hier Abb. 23,4).

³⁰¹ Gustavs 1989, 153; 168 Abb. 5,47.49.50 (Abb. 5,49 = hier Abb. 23,6); Taf. 33,B.1–22. Die Griffflasche (Fragment) ist in der Zeichnung mit anderen Fragmenten kombiniert rekonstruiert (s. unten mit Abb. 26,24).

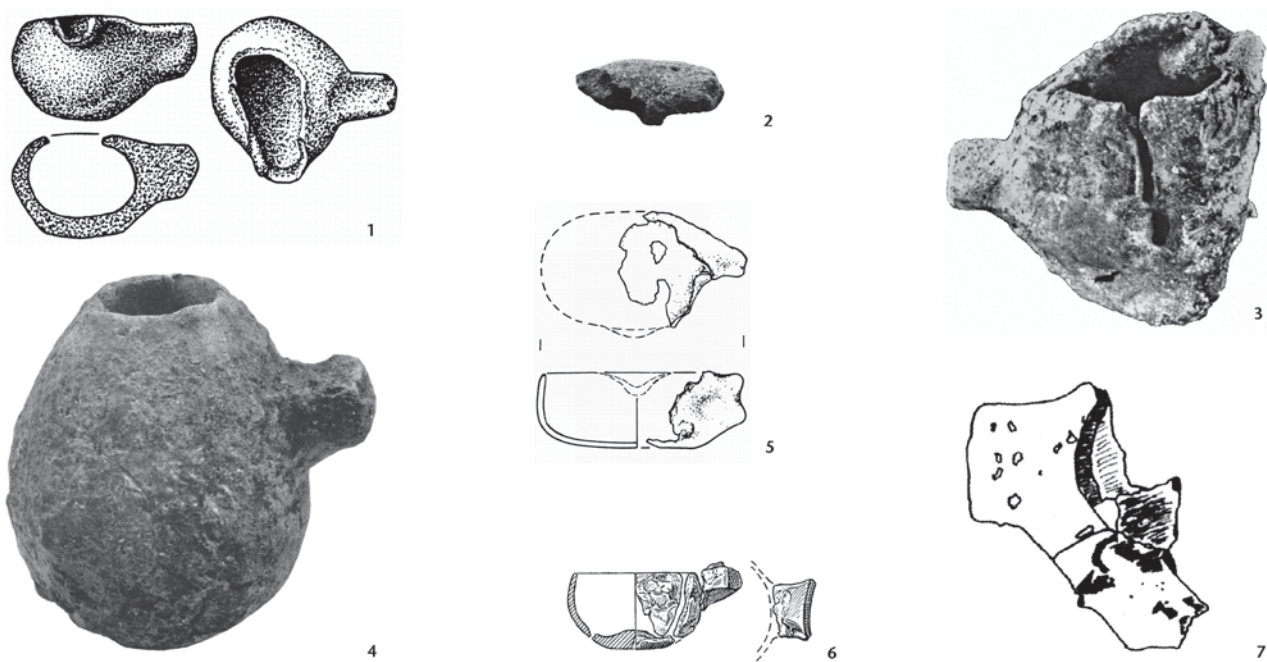


Abb. 23: Tiegel mit Griffflaschen. 1: Misselwarden / D, Feddersen Wierde (germanisch); 2: Windisch / AG-Breite; 3: Comacchio / I; 4: Saalburg / D; 5: Altendorf / D (germanisch); 6: Klein Körös / D (germanisch); 7: Neuss / D. M. 1:2 (3 und 6 ohne M.).

dung herausgeformter Griffflasche ergänzen (Abb. 23,7)³⁰². Diese Handhabe ist 25 mm lang, 45 mm breit und 13 mm dick. Es handelt sich um einen einschichtigen Tiegel von 5 mm Wandstärke ohne *Lutum*-Überzug, mit einem Innendurchmesser von ca. 14–15 cm. Seine Tiefe und Form im Querschnitt wird leider nicht angegeben, lediglich ein geschätztes Fassungsvermögen von rund ½ Liter. «Alle Fragmente hatten innen einen zum Teil mehr als 1 cm dicken grünlichen Belag Offensichtlich war der Tiegel, zu dem die Fragmente gehören, während des Gebrauchs zersprungen. An der Aussenseite waren zum Teil rote Schlackenreste zu erkennen, durchsetzt mit bläulichen, gelblichen und olivfarbenen Stellen.» Hinweise auf einen Deckel oder oberen Abschluss werden nicht gemacht. Die Fragmente wurden jedoch einer detaillierten archäometrischen Untersuchung unterzogen:

Auf der Innenwand, unter dem dicken grünlichen Belag, war eine dünne Schicht aus fein gesiebttem Quarzsand festzustellen, deren Funktion nicht bekannt ist. Die Tiegelkeramik selbst ist mit Quarzkörnern und Feldspäten gemagert. Auf der inneren Tiegeloberfläche waren *Messingtropfen* zu beobachten. Ihre Analyse ergab eine Verarmung von Zink an der Oberfläche; nebst dem Cu-Zn-Gemenge war etwas metallisches Kupfer, etwas Zinn sowie Silber, Blei und Eisen nachweisbar. «Enge Kanäle durchziehen die Tiegelwand, durch die eine sehr dünne Schlacke nach aussen dringen konnte, die als rote, porös glasige Schicht auf der Aussenseite erstarrte [vgl. Taf. 16, T490].» Die vorhandenen Tonminerale und Magerungsbestandteile sowie die Beobachtung, dass sich etwas metallisches Kupfer im Prozess nicht verflüssigt hat, lassen auf eine Betriebstemperatur von 1000–1070 °C schließen. Aufgrund aller Beobachtungen wird das Stück als *Zementationstiegel zur Messingproduktion* interpretiert. Das Vorhandensein der übrigen Metalle wird damit erklärt, dass dem Zementationsprozess auch «Abfallmetall zum Wiederaufschmelzen» zugesetzt wurde. Es ist bedauerlich, dass der Erhaltungszustand keine Angaben zur Höhe und Form dieses Tiegels erlaubt, der mit seinen 14–15 cm Innendurchmesser irgendwo zwischen den be-

kannten ganz kleinen (Abb. 29,10) und sehr grossen (Abb. 29,11) römischen Messing-Zementationstiegeln liegt (vgl. Abb. 102).

Ganz ähnliche Tiegel mit seitlichen Griffklappen wurden wiederholt aus *nordeuropäisch-britannischem Kontext* aus spätantiker und frühmittelalterlicher Zeit geborgen³⁰³. Die Griffklappen können sowohl aus demselben Lehmputzen geformt sein wie der restliche Tiegel als auch sekundär angesetzt sein. Die Stücke aus dem Freien Germanien scheinen geographische und zeitliche Bindeglieder zu den römischen Stücken darzustellen, so dass von einer längeren und relativ weiträumigen Tradition gesprochen werden kann.

Weitere Tiegel mit Griffflaschen (Auswahl): Windisch / AG-Breite (Abb. 23,2)³⁰⁴; Colchester / GB³⁰⁵; Ribchester / GB³⁰⁶; Comacchio / I (Abb. 23,3 [ohne M.])³⁰⁷; Altendorf / D (Freies Germanien; Abb. 23,5)³⁰⁸; Misselwarden / D, Feddersen Wierde (Freies Germanien, 2.–5. Jh.; Abb. 23,1)³⁰⁹.

302 Nielsen 2006, 32; 36 Taf. 3, rechts (Taf. 3, oben rechts = hier Abb. 23,7) und 45 Abb. 41–57 Tab. 5; 6.

303 Gebers 1981, Taf. 21, 1–6 (Bosau / D, 9. Jh.); Curle 1982, 40f. Abb. 23, 395–400; 24, 395–398 (Brough of Birsay / GB, Orkney Inseln, 8. Jh.); Madsen 1984, 26 Abb. 2 und 111, Kat.-Nr. D6236; 116f. Kat.-Nr. D6993; 120f. Kat.-Nr. D10491 (Ribe / DK, 8. Jh. n. Chr.).

304 Hagendorn u. a. 2003, 419 und 678 Taf. 78, Ti5 (= hier Abb. 23,2).

305 Craddock / Eckstein 2003, Abb. 15.7.a.b (für Messingherstellung?).

306 Craddock / Eckstein 2003, Abb. 15.7.d (für Messingherstellung?).

307 Gelichi 2009, 34 Abb. 2 (= hier Abb. 23,3 [ohne M.]).

308 Roth 1980, 800 Abb. 5, 6 (= hier Abb. 26, 5).

309 Krabath 2006, 410 Abb. 30; Voss / Hammer / Lutz 1998, Abb. 18, 2 (= hier Abb. 23,1).

Flachbodige Tiegel

Vorkommen in Augusta Raurica

Tiegel mit Flachboden sind im umfangreichen Material von Augusta Raurica ziemlich selten (Taf. 26). Ihr Rand ist zwar nur in einem Fall erhalten (**T862**), scheint aber bei vielen kleineren Exemplaren verdickt oder nach aussen umgelegt zu sein (s. unten). Die neun flachbodigen Exemplare (**T855–T863**) machen nur gerade 1% des Gesamtmaterials aus. Ergänzend zu erwähnen sind noch zwei weitere Stücke vom eiförmigen «Normaltyp» (Abb. 17), die einen ganz leicht abgeflachten Boden aufweisen (Abb. 9, **T300**, **T490**). Formal sind die Flachbodentiegel aus Augusta Raurica (Taf. 26) genauso uneinheitlich wie die andernorts gefundenen Exemplare (Abb. 24 und 25). Der von uns als aus Augusta-Raurica-«Normaltyp» beschriebene eiförmige Tiegel mit Spitz- oder Rundboden (Taf. 1–24) scheint in römischer Zeit die «normierte Form» gewesen zu sein, während flachbodige Tiegel erst im Mittelalter Standardcharakter annahmen. Ich vermute, dass dies mit einem Wechsel von der römischen, mit Holzkohle gefüllten Herdgrube zum mittelalterlichen Schmelzofen mit Tiegeltenne zusammenhängt.

Das kleinste Flachbodentiegelchen **T855** könnte rein formal auch ein Malertöpfchen oder Ähnliches sein. Es weist jedoch eindeutige Spuren einer Verwendung in der Metallurgie auf: Blei (Abb. 88), Gold (Abb. 90) und Arsen (Abb. 93) sowie Spuren von Silber und Zinn (Tabelle 1).

Die Böden der Tiegelchen **T856** und **T857** zeigen einen auffallend vorspringenden Randwulst, wie er von auswärtigen Schmelzgefässen nicht bekannt ist (Abb. 24 und 25). **T856** besteht aus Keramik, die wahrscheinlich zur Tongruppe 3 gehört, und **T857** passt zu Tongruppe 5 (und ist mit *Lutum* wahrscheinlich der Tongruppe 3 überzogen). Es ist daher zu vermuten, sie seien lokal gefertigt. **T856** weist deutliche Spuren von Silber auf (Abb. 89).

Das grazile Tiegelchen **T858** ist stark mit Blei (Abb. 88) und Arsen (Abb. 93) sowie mit reichlich Schwefel, Kupfer und Zinn und Spuren von Zink (Tabelle 1) kontaminiert. Die starke, dicke Verkrustung im Innern (Taf. 26, **T858**) weist auf einen intensiven metallurgischen Prozess hin, den ich jedoch nicht zu deuten vermag.

Im sehr schlanken, atypischen Tiegel **T859** haftet innen wenige Millimeter dick (und teilweise auch aussen) eine auffallende weisse Kruste. Sie ist bei *liegendem* Tiegel abgetropft und erstarrt; aussen ist ein Teil der hellen Masse in dünnen Schlieren vertikal hinuntergeflossen. Die Masse unterscheidet sich im Vergleich zur Analyse des Tiegeltones (Tabelle 1) durch stark erhöhte Gehalte von Kalziumoxid (23–43% statt 3,3%) und Schwefel (1,5–3,4% statt 0,03%). Unter den Spurenelementen fallen Barium (2127–5726 ppm statt 325 ppm) und Strontium (507–673 ppm statt 213 ppm) mit grösseren Anteilen im weissen Material auf. Die Nichteisenmetalle sind sowohl in der Tiegelkeramik als auch im weissen Belag nur in Spuren nachzuwei-

sen und zeigen keine Auffälligkeiten, mit Ausnahme des Zinns, das nur in der Kruste, allerdings bloss mit 35–154 ppm, nachgewiesen ist. Der Tiegel **T859** steht vermutlich in keinem Zusammenhang mit der Metallurgie. Zu denken ist allenfalls an einen weissen Farbstoff (Kalktünche, Barytweiss), der durch eine nicht bekannte Aufbereitung unlöslich gemacht wurde und sich infolgedessen erhalten hat.

Die etwas grösseren Tiegelbruchstücke mit Flachböden (**T860–T863**) bestehen alle aus den Tongruppen 2–5 und sind daher wahrscheinlich alle ebenfalls lokal gefertigt. **T861** und **T863** sind mit Tongruppe 2 sogar sicher aus einem örtlich anstehenden Lehm aus der Gegend von Kaiseraugst / AG-Zelglihof hergestellt. **T862** und **T863** weisen die höchsten Metallverunreinigungen von Cu-Sn-Zn-Pb-Mischbronzen auf, und keiner kann als unbenutzt bezeichnet werden (Tabelle 1).

Auswärtige Beispiele

Die flachbodigen Tiegel mit einfachem Rand sind auch ausserhalb von Augusta Raurica ziemlich selten (Abb. 24; 25) und kommen erst im Mittelalter häufiger vor. Auch ihr Form- und Grössenspektrum variiert sehr stark (Abb. 24). Die beiden konischen Stücke (Abb. 24,6.7) ähneln unserem becherförmigen Tiegel **T859**, und das Stück aus Avenches / VD (Abb. 24,2) kommt den Exemplaren **T861** und **T862** aus Augusta Raurica – sicher ohne Graphitmagerung – sehr nahe. Auffallenderweise besitzt ein neuer, noch ungebrauchter Tiegel aus Gleisdorf / A mit kleinem Flachboden auch einen ausgeprägten schnabelförmigen Ausguss (Abb. 24,5). Die grossen, fast zylindrischen Stücke (wie z. B. Abb. 24,11) stammen aus unklarem Fundzusammenhang und sind vermutlich nachrömisch.

Auf die becherförmigen Tiegel mit Randprofil, die meist ebenfalls über einen Flachboden verfügen, wird unten eingegangen (Abb. 25).

Die in Abbildung 24 zusammengestellten flachbodigen Tiegel stammen aus:

- Avenches / VD-Aventicum, mehrere flachbodige Exemplare aus Graphitton (?), allerdings nur eines aus offenbar römischem Fundkontext (Abb. 24,2)³¹⁰.
- Arbon / TG-Kastell³¹¹, spätantik oder jünger? (Abb. 24, 9)
- Wiesbaden / D, Kastell (Abb. 24,6)³¹²
- Trier / D, Dom, 4. Jh. (Abb. 24,7)³¹³

310 Hochuli-Gysel / Picon 1999, Abb. 1; 2 bes. Abb. 1,5 (stratifiziertes Expl. = hier Abb. 24,2). Zu Tiegeln aus Graphitton siehe oben mit Anm. 75.

311 Brem u. a. 1992, 104 Abb. 95,98 (= hier Abb. 24,9).

312 Ritterling 1909, 34 f.; 121 f. Abb. 18,8 (= hier Abb. 24,6).

313 Weber u. a. 2010, Abb. S. 92 (= hier Abb. 24,7; innen und aussen stark verschlackt).

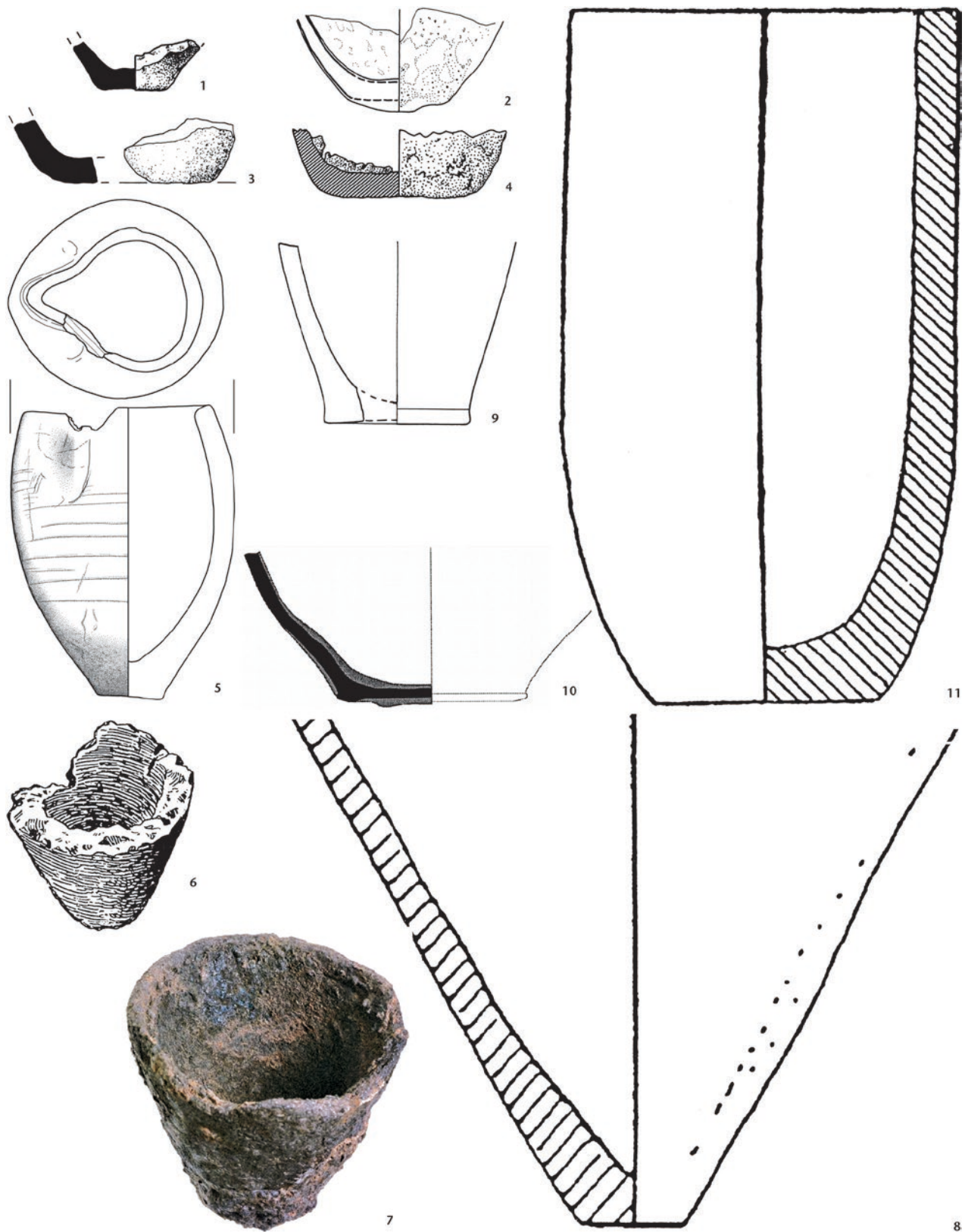


Abb. 24: Flachbodige Tiegel. 1: Hill Farm/GB; 2: Avenches / VD, Insula 20; 3: Roanne / F; 4: Bordeaux / F-Les Grands-Hommes; 5: Gleisdorf / A; 6: Wiesbaden / D, Kastell; 7: Trier / D, Dom; 8: Lyon / F; 9: Arbon / TG-Kastell; 10: Javols / F-Anderitum; 11: Rouen / F. M. 1:2 (7 ohne M.).

- Gleisdorf / A (Abb. 24,5)³¹⁴
- Lyon / F (Abb. 24,8)³¹⁵
- Roanne / F (Abb. 24,3)³¹⁶
- Javols / F-Anderitum (Abb. 24,10)³¹⁷
- Bordeaux / F-Les Grands-Hommes, Bodendurchm. ca. 56 mm (Abb. 24,4)³¹⁸
- Rouen / F: H. ca. 240 mm, Bodendurchm. ca. 70 mm (Abb. 24,11)³¹⁹
- Hill Farm / GB³²⁰ (Abb. 24,1).

Flachbodige Tiegel in Becherform mit Randprofil

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Aus Augusta Raurica stammen nur gerade zwei becherförmige Tiegelchen mit mehr oder weniger umgelegtem Rand (Taf. 25, **T853**, **T854**). Sie gehören beide zur Tongruppe 3 und sind daher vermutlich lokale Produkte. In der Geschirrkera- mik von Augusta Raurica fehlen jedoch solche Formen. Beide Stücke sind resp. waren luti- ert, und **T854** zeigt deutliche Spuren von Zink. Es handelt sich daher – trotz der ungewöhnlichen Form – um Schmelztiegel.

Einige wenige Parallelen, die zu solchen Bechertiegel- chen ausgemacht werden können (Abb. 25), zeigen bau- chige Formen mit flachen Böden. Diesbezüglich könn- ten die Tiegelböden **T856–T858** sowie **T660** durchaus zu solchen Bechertiegeln gehören. Die Stücke **T856** und **T860** bestehen ebenfalls aus der – nicht gerade häufigen – Tongruppe 3, was einen Zusammenhang wahrschein- lich macht. Die formal nächstverwandten Stücke zu **T853** stammen aus Verulamium / GB (Abb. 25,1.2). **T854** ist ein Unikum.

Auswärtige Beispiele

Von einigen römischen Fundstellen, vor allem in Eng- land, liegen Tiegel mit ausladendem oder verdicktem, et- was nach aussen umgelegtem Rand vor (Abb. 25). Ihr Bo- den ist, soweit erhalten, flachbodig und manchmal leicht abgesetzt (Abb. 25,8). Manchmal muss offen bleiben, ob diese Flächböden (Abb. 25,8.10.11) überhaupt zu Tiegeln mit verdicktem oder umgelegten Rand gehören; die starke Bauchung im Vergleich zu anderen flachbodigen Tiegeln (Abb. 24) macht dies aber wahrscheinlich.

Diese becherförmigen profilierten Tiegel sind mit Hö- hen von 40 bis 100 mm meist relativ klein. Nur die Stücke aus Dorchester / GB und Xanten / D-Vetera Castra sind etwa 110 und 140 mm hoch (Abb. 25,6.12). Es fällt auf, dass diese kleine Gruppe oft mit einem dicken *Lutum* überzogen ist, das sich in zähflüssigem Zustand beim Boden gesammelt zu haben scheint (Abb. 25,4–6.8.10–12).

Eine Ausnahme bilden die grossen, topfförmigen Tie- gel mit abgesetztem Boden (Abb. 25,12). Aus den Militär- lagern *Vetera Castra* auf dem Fürstenberg bei Xanten / D stammen zwei solcher Töpfe, die der Bearbeiter Norbert Hanel wohl zu Recht als «Schmelzgefässe» bezeichnet³²¹.

Ihre Aussenseiten sind «stark verschlackt» und müssen demzufolge mit einer zweiten Tonschicht (*Lutum*) umman- telt und anschliessend in starkem Feuer ausgesetzt gewesen sein. Ihre Form jedoch entspricht nicht den üblichen Tie- geln, sondern ganz normalen dünnwandigen Töpfen resp. flachbodigen Kochtöpfen. Ob sie aus Geschirrkera- mik oder aus einem besonders hitzebeständigen Tiegelton gefertigt sind, ist nicht bekannt.

Tiegel in Becherform mit Randprofil (Auswahl): Vaison- la-Romaine / F (Abb. 25,4)³²²; Verulamium / GB (Abb. 25, 1.2.10.11)³²³; Silchester / GB (Abb. 25,3)³²⁴; Baldock / GB (Abb. 25,5)³²⁵; Dorchester / GB (Abb. 25,6)³²⁶ und Caer- leon / GB (Abb. 25,7–9)³²⁷.

314 Das Stück ist nur als Foto publiziert: Hausmann 1994, 29 Kat.-Nr. 53 (mit Abb.). – Die Zeichnung Abb. 24,5 und weitere Fotos des *neuen, ungebrauchten* Tiegels verdanke ich Manfred Lehner vom Institut für Archäologie der Universität Graz / A, der mir die Publi- kationserlaubnis erteilte (Zeichnung Abb. 24,5: Johanna Kraschit- zer, Universität Graz) und zum Objekt folgende Angaben macht (E-Mail vom 21.05.2014): «Alle Gusstiegel [aus Gleisdorf], auch der unbenutzte, wurden 1989 gefunden. Fundstelle: südlich der römi- schen Strasse, zwischen Gebäude A und G bzw. F und Bauobjekt I/II (laut Maier 1996). Befund: Ausrissgrabenverfüllung einer schräg zur Strasse verlaufenden Mauer, die diese Gebäudebereiche trennte. Die Mauer ist offensichtlich sukzessive abgetragen wor- den, die Funde aus der Ausrissgrabenverfüllung des mittleren Gra- benteils. Die Verfüllung datiert mindestens in die 2. Hälfte des 2. Jhs. (damals in den 90ern), wurde mittlerweile aufgrund der geän- derten Laufzeiten der Rheinabzäuner Sigillata wahrscheinlich eher Mitte 3. Jh. sein. Das unbenutzte Stück aus dem Befund / Ver- gesellschaftung heraus ist also leider nicht feindatierbar. – Im na- hen Umfeld Fund etlicher Fibelrohgüsse (Flügel- fibel, kräftig pro- filierte Fibeln, Kniefibel) sowie Bleimodell einer Doppelknopffibel und eine Gussform von Zwiebelknöpfen, daher wohl Buntmetall- werkstätte spätestens ab dem späten 1./frühen 2. Jh. bis mindes- tens ins mittlere 3. Jh.» – Ich danke an dieser Stelle Wolfgang Ar- tner und insbesondere Manfred Lehner für die kollegiale Hilfe, Informationen und Abbildungen.

315 Desbat u. a. 2000, 184 f. Abb. 1 (= hier Abb. 24,8 [und 29,11])

316 Feugère 1997B, 62, Taf. 4,265 (= hier Abb. 24,3).

317 Rabeisen u. a. 2010, 346 Abb. 9, oben (= hier Abb. 24,10).

318 Feugère 1997A, 132 Abb. 13,123 (= hier Abb. 24,4).

319 Champion 1916, 241 Taf. 14,17317 (= hier Abb. 24,11).

320 Draper 1985, Abb. 38,435A (= hier Abb. 24,1).

321 Hanel 1995, 629, Taf. 135,C8245.C8246 (C8245 = hier Abb. 25,12).

322 Nin / Picon 2003, Abb. 10,91 (evtl. Zementationstiegel; = hier Abb. 25,4).

323 Frere 1972, Abb. 141,16.15 (= hier Abb. 25,1.2) resp. Abb. 141,17.8 (= hier Abb. 25,10.11).

324 Northover / Palk 2000, 397 Abb. 187,8 (= hier Abb. 25,3).

325 Stead / Rigby 1986, 143; 385 Abb. 63,410 (mehrere Fragmente von verschiedenen Fundpunkten. Rekonstruktion des geläufigen Typs = hier Abb. 25,5).

326 Bayley / Dungworth / Paynter 2001, Abb. 23 (= hier Abb. 25,6); Bay- ley / Rehren 2007, Abb. 3.g.

327 Zienkiewicz 1993, 126 Abb. 46,10–12 (= hier Abb. 25,7–9).



Abb. 25: Becherförmige Tiegel mit ausladendem oder verdicktem Rand und flachem, abgesetztem Boden: 1.2.10.11: Verulamium/GB; 3: Silchester/GB; 4: Vaison-la-Romaine/F; 5: Baldock/GB; 6: Dorchester/GB; 7–9: Caerleon/GB; 12: Xanten/D-Vetera Castra. M. 1:2.

Napf- und schälchenförmige Tiegel

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Die Napf- oder Schalentiegel **T856–T871** (Taf. 27) sind alle handgemacht. Sie machen mit sieben Exemplaren (inkl. 3 «Exoten», s. unten) bloss 0,8% des gesamten Tiegelmateri- als aus.

Kleine handgemachte näpfchenförmige Tiegel: Die wenigen schälchenförmigen *römischen* Tiegel aus Augusta Raurica sind alle relativ klein. Die Proportionen von Höhe und Durchmesser sind sehr unterschiedlich (Taf. 27). Im weiträumigen Kontext sind sie diesbezüglich keine Ausnahme (Abb. 26 und 38).

Archäometrie: Die bloss sechs kleinen, schälchenförmigen Tiegel sind wohl alle aus lokalem, dunklem Ton der Tongruppen 2 und 3 hergestellt (**T865**, **T868** und **T871** in Tabelle 1) und meist deutlich gemagert. In ihnen konnten sehr *unterschiedliche Metallspuren* nachgewiesen werden, was auf verschiedene Prozesse zurückzuführen ist: einerseits auf Arbeiten mit Silber- und Goldlegierungen (**T866**, **T867**, **T869**), andererseits mit Gemischen, die auch viel Blei (**T866**, **T869**) sowie Spuren von Quecksilber (**T867**) und Arsen (**T866**) enthalten. In **T870** fällt nur ein erhöhter Magnesium-Anteil auf und **T865** scheint noch unbenutzt zu sein. Die Kombination erhöhter Blei- und Silberkonzentrationen in den Schälchentiegeln **T866** und **T869** lässt auf ihre Funktion als Tiegel zum *Abtreiben* schliessen: In ihnen wurde offenbar legiertes oder *verunreinigtes Altsilber* aufgeschmolzen und mit Blei und viel Sauerstoff (Zublasen von Luft) die unreinen Komponenten oxidiert und vom Silberregulus weggewischt³²⁸. Das Vorhandensein von leicht erhöhten Anteilen von *Phosphor* in **T867**, **T868** und vor allem **T869** (Tabelle 1) könnte sogar auf eine Beimischung von *Knochenasche* hindeuten³²⁹. Deshalb ist zu erwägen, ob diese Schälchentiegelchen nicht auch als Kupellen hätten verwendet werden können, die dank der Knochenasche die dünnflüssigen Verunreinigungen (Bleioxide usw.) beim Abtreiben absorbierten (dazu oben mit Anm. 86).

Dickwandiger napfförmiger Tiegel: Ziemlich einzigartig steht der schwere, dickwandige Tiegel **T871** aus Augusta Raurica da (Tafel 27), der aber aus einem *frühmittelalterlichen* Kontext im Bereich des *Castrum Rauracense* von Kaiseraugst / AG stammt. Unser Stück ist so dickwandig, dass es mit keinem der von anderen römischen Fundstellen bekannten Schalentiegeln direkt vergleichbar wäre (Abb. 26, 12, 14, 17, 20)! Die entfernten Parallelen sind dünnwandiger und flacher resp. grösser. Ob es sich überhaupt um einen Tiegel handelt, ist ungewiss, da darin kaum Metallspuren gefunden werden konnten (s. unten).

Das Stück aus Kaiseraugst ist, wie die meisten Schalentiegel, handgemacht und misst 110 mm im Durchmesser; seine Wandung ist 18–23 mm dick. Weder Verfärbungen noch Schlackenreste lassen auf seinen Verwendungszweck

schliessen. Der komplette, aber in vier Teile zerbrochene Tiegel stammt aus der Nähe des Südtores des spätantiken Kastells und war eindeutig mit frühmittelalterlicher, z. T. mit Rollstempel verzierter Keramik vergesellschaftet (4.–7. Jh.). Es ist somit der einzige *spätantik-frühmittelalterliche Tiegel* aus Augusta Raurica.

Die mir bekannten frühmittelalterlichen Schmelztiegel sehen meist anders aus: Sie sind zwar vielgestaltig, aber meist deutlich schlanker und dünnwandiger. Einzig die schalenförmigen Tiegel aus einem Metallhandwerkergrab des 6. Jahrhunderts von Schönebeck in Norddeutschland (Durchmesser 83 mm) mit Blei- und Silberresten sowie ein sehr dickwandiges Exemplar aus Laholm-Borgahögen in Südschweden (Grösse unbekannt) sind annähernd vergleichbare Stücke³³⁰.

Die *archäometrische Analyse* dieses wohl frühmittelalterlichen, dickwandigen Tiegels **T871** ergab eindeutig die Tongruppe 3, deren Herkunft leider noch nicht lokalisiert werden konnte. Das praktische Fehlen von Metallspuren innen, aussen und im Bruch lässt darauf schliessen, dass es sich um einen noch ungebrauchten Tiegel oder aber um ein Gefäss unbekannter Verwendung handelt.

Weitere Sonderfälle: Neben diesem einen «Exoten» ist auch auf ein fragliches Tiegelchen **T865** hinzuweisen sowie auf eine sekundär als Schälchen verwendete Tiegelrand-scherbe **T866**:

Die Analysen ergaben für das kleine zylindrische Näpfchen **T865** aus schwarzem Ton wahrscheinlich die Tongruppe 3. Die Oberflächen, selbst der auffallende graue und weisse, körnige Belag innen, ergaben keine nennenswerten Spuren von Metallen. Ein Zusammenhang mit metallurgischen Prozessen muss daher offen bleiben.

Das Fragment **T866** (Abb. 98) ist das antik fragmentierte Randstück eines mittelgrossen Schmelztiegels des «Normaltyps»; es misst 49 × 50 mm. *Über alle Bruchkanten*

328 Ausführlich zu diesem Prozess und den entsprechenden archäometrischen Spuren Eilbracht 2004, 42 f. Abb. 9 (wikingerzeitlicher Schälchentiegel aus Sigtuna / S) Anm. 61–67 (mit weiterer Lit.). – Beschreibung des Abtreibungsprozesses bei Theophilus Presbyter (frühes 12. Jh.): Brepohl 1987, 85 f. (Rezept 23).

329 Die analysierten Tiegel aus Augusta weisen im Durchschnitt 2% P₂O₅ auf (Durchschnitt aus Tabelle 1). Der in Experiment 12 im Knochenfeuer eingesetzte neue Tiegel wies auf der Aussenseite nachher 12% P₂O₅ auf (Tabelle 5). Die zehn römischen Tiegel (alle Formen) mit den *höchsten Phosphorgehalten* enthielten 8% bis 28% P₂O₅ (in abnehmender Reihenfolge: **T866**, **T226**, **T173**, **T259**, **T259**, **T18**, **T869**, **T204**, **T688** und **T335**). Sie könnten daher in einem Knochen- statt Holzkohlefeuer erhitzt worden sein. Pettersson / Lönnberg 2016 vermuten hingegen, das Rühren der Schmelze («Polen») mit einem Knochenstab führe zu höheren Phosphor- und Kalziumgehalten in der Tiegelkeramik [Ergänzungen Alex R. Furger].

330 Schönebeck: Schmidt 1961, 145 f. Taf. 67, f («Grab 5»); Roth 1977, 86 Anm. 12 Abb. 1, 2; Leube 1996, 78 Abb. 20, b (hier «Grab 4»). – Borgahögen: Oldeberg 1943, Abb. 240–245, insbes. Abb. 245.

ist eine grüne *Glaser* gelaufen. Am tiefsten Punkt in der Scherbenmitte ist ein dunkel-grüngrauer «Bodensatz» zusammengesunken. Die archäometrische Untersuchung dieses grünlichen Belags ergab etwas Cu+, relativ viel Pb++ sowie Ag und auffallend viel As (Tabelle 1). Der «Scherben» wurde demnach sekundär als Schälchentiegel bei einem unbekannten Prozess mit Kupfer und Silber sowie einem grossem Anteil von Blei benutzt.

Auswärtige Beispiele

Es fällt auf, dass schälchenförmige Tiegel (Abb. 26; s. auch Abb. 38) besonders oft in Britannien gefunden wurden³³¹. Auf die Stücke aus Silchester/GB (Auswahl Abb. 26,16.17) mit deutlichen Spuren von Silber und Phosphor (Knochenasche?) wurde schon hingewiesen (mit Anm. 86) und eine Deutung als Kupellen nicht ausgeschlossen³³².

In einem Werkstattkontext in Camulodunum/GB wurden mehrere flache Näpfchen aus Tiegelkeramik gefunden (Beispiele Abb. 26,11.12), von denen viele sehr klein waren. Die zwei kleinsten hatten Durchmesser von lediglich 3,8 cm.

In einem Schälchen wurden Reste von Blei beobachtet und spektrographisch nachgewiesen. Die flachen Tiegelchen waren mit «a number of pieces ... of a blue vitreous substance, determined ... as blue frit, the colour due to the presence of copper silicate» vergesellschaftet, was die Bearbeiter vermuten liess, in diesen flachschaligen Tiegeln wäre eine Emailmasse hergestellt worden³³³.

Ein kleines schälchenförmiges Tiegelchen von 35 mm Durchmesser stammt aus der «Metallwerkstatt I» von Timisoara-Tibiscum/RO (Abb. 26,2). Vom selben Ausgrabungsbefund stammen auch zwei Lehmformen für Barren (von ca. 0,8–1,4 cm Stangenstärke) und drei Wandfragmente von etwas grösseren Schmelztiegeln unbekannter Gesamtform. Für die Deutung der Werkstätte mag erwähnenswert sein, dass an allen drei Tiegelrandstücken «feine Tropfen von geschmolzenem Gold erhalten» sind³³⁴. Weitere konkrete Hinweise auf eine auf Edelmetall spezialisierte Schmuckwerkstatt fehlen allerdings.

Ein schalenförmiger Tiegel von 65 mm Durchmesser aus Doncaster/GB wurde gemäss Analyse für eine Silberlegierung verwendet (hier nicht abgebildet)³³⁵.

Von ausserhalb des römischen Imperiums, aus einem germanischen Kontext um 300 n. Chr., stammen mehrere Tiegelfragmente aus dem reichen Werkstattinventar in einem Grubenhaus in Klein Köris/D. Die Funde lassen sich als flache Schalen rekonstruieren (Abb. 26,24)³³⁶. Ein separat gefundener Griff wie auf der Zeichnung ist nicht eindeutig einem ganzen Gefäss zuzuordnen. Von den mindestens 22 Fragmenten sind leider nur drei Wandprofile publiziert, so dass offen bleiben muss, ob der Rekonstruktionsvorschlag für alle Tiegel aus Klein Köris zutreffend und charakteristisch ist. Archäometrische Untersuchungen

wurden an diesen Tiegelresten zwar nicht durchgeführt; die vielen Gussklumpen und Spritzer machen jedoch die Bronzeverarbeitung am wahrscheinlichsten.

Ebenfalls aus dem freien Germanien stammen vier grobe, flachschalige Tiegel von Warburg/D (Auswahl Abb. 26,18–20)³³⁷; sie gehören zu einer kleinen ländlichen Handwerkersiedlung mit Feinschmiede und Bronze-gieserei des 1. Jahrhunderts n. Chr.

Der schon erwähnte flachschalige Tiegel mit steilem Rand aus dem frühmittelalterlichen Goldschmiedegrab von Schönebeck/D (Abb. 26,10) zeigt eine «grobgemagerte, schmutzigbraune bis dunkelgrau-schwarze blasige Struktur»³³⁸. Seine Bodenkruste wurde im Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle untersucht. Mit der Tüpfelanalyse konnte «reichlich Silber und Blei nachgewiesen werden, während der Test auf Kupfer und Zinn negativ ausfiel. In der Bodenkruste fand sich ebenfalls kein Gold». Ob das Näpfchen von bloss 83 mm Durchmesser als Scheidegefäss verwendet worden war, ist nicht konkret untersucht worden.

Weitere flachschalige, meist kleine Tiegel aus römischen Gebieten (Auswahl): Ladenburg/D, Kellerei (Abb. 26,3)³³⁹; Mâlain/F-Mediolanum (ein grosses Exemplar mit Ausguss [Abb. 43,15] sowie mehrere kleine «creusets d'orfèvre»; Abb. 26,4.5)³⁴⁰; Verulamium/GB (Abb. 26,21–23)³⁴¹; Caerleon/GB (Abb. 26,7–9)³⁴²; Hengistbury Head/GB (nicht abgebildet)³⁴³; Thetford/GB (Abb. 26,6)³⁴⁴; Como/I (nicht abgebildet)³⁴⁵; Silistra/BG-Durostorum³⁴⁶ (nicht abgebildet); Sboryanovo/BG (Abb. 26,1)³⁴⁷ und Geismar/D (Freies Germanien; Abb. 26,13–15)³⁴⁸.

331 Kurze Zusammenstellung bei Northover/Palk 2000, 395.

332 Northover/Palk 2000, 396 f. Tab. 56; 402; 416; Abb. 187,1–4.7 (= hier Abb. 26,16.17).

333 Hawkes/Hull 1947, 345 Abb. 65,1.3 (= hier Abb. 26,11.12).

334 Benea/Petrovsky 1987, 228 Abb. 3,2–4 (Randfragmente mit Goldtröpfchen); 3,6.7 (Gussformen) (Abb. 3,1 = hier Abb. 26,2). Der Werkzeugcharakter des als «Bronzemeisseln» bezeichneten, in Abb. 3,5 abgebildeten Objekts ist mir nicht ersichtlich.

335 Bayley/Rehren 2007, 48 Abb. 3, b.

336 Gustavs 1989, 153; 168 Abb. 5,47.49.50 (Abb. 5,49 = hier Abb. 26,24); Taf. 33, B.1–22.

337 Günther 1990, 56–58 Abb. 59,2–5 (= hier Abb. 26,18–20).

338 Schmidt 1971, Abb. 1 (= hier Abb. 26,10).

339 Schmidts 2004, Taf. 35, G86 (= hier Abb. 26,3).

340 Roussel 1988, Taf. 80, 688a.c–e; Roussel 2003, Abb. 579, links und unten; Rabeisen 1990A, 128 Abb. Kat.-Nr. 233.1 (= hier Abb. 26,4.5).

341 Frere 1972, Abb. 141,9–11.18–21 (= hier Abb. 26,21–23).

342 Zienkiewicz 1993, 126 Abb. 46,5–9 (= hier Abb. 26,7–9).

343 J. P. Northover, in Cunliffe 1987, 196 Abb. 131.

344 Bayley 1984A, Abb. 175, 341a (= hier Abb. 26,6).

345 Nobile de Agostini 2008, 146 Abb. 3,1–3 (spätantik).

346 Elefterescu 2013, 196 Taf. 11,2.

347 Stoyanov/Mihaylova 1996, 73 drawing 2,1 (= hier Abb. 26,1; nur 11 mm hoch).

348 Roth 1980, 796 Abb. 1,2.4.5 (= hier Abb. 26,13–15).

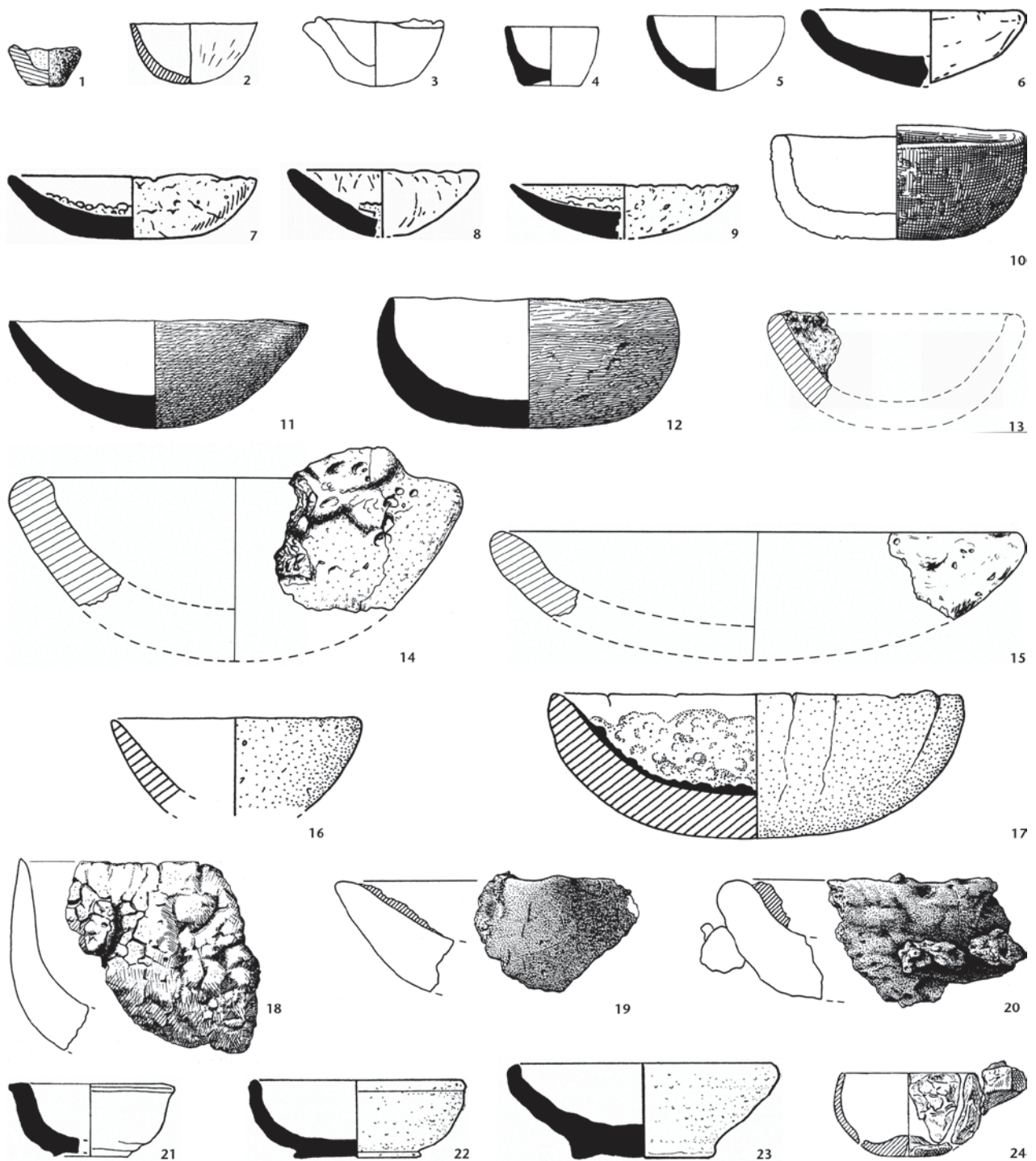


Abb. 26: Flachschalige Tiegel. 1: Sboryanovo/BG; 2: Timisoara-Tibiscum/RO; 3: Ladenburg/D, Kellerei; 4 und 5: Mälain/F-Mediolanum («creusets d'orfèvre»); 6: Thetford/GB; 7–9: Caerleon/GB; 10: Schönebeck/D (frühmittelalterliches Goldschmiedegrab); 11 und 12: Camulodunum/GB; 13–15: Geismar/D (germanisch); 16 und 17: Silchester/GB; 18–20: Warburg/D (germanisch); 21–23: Verulamium/GB; 24: Klein Köris/D (germanisch). M. 1:2.

Gebrauchskeramik, verwendet als Tiegel?

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Nur in einem Fall (**T872**) lässt sich nachweisen, dass ein Gefäss aus Gebrauchskeramik als Tiegel hätte verwendet werden sollen. Ein aussen aufgetragenes *Lutum* ist ein Indiz für diese technische Umfunktionierung resp. Erhöhung der Hitzebeständigkeit von Geschirr. Aber erst starke Verschlackungen desselben sowie Bronzereste und andere Gebrauchsspuren (z. B. glasureartige farbige Flecken im Inneren) wären Belege für den effektiven Einsatz im Feuer bei über 1000 °C.

Die relativ dünnwandige Schüssel **T872** mit scharf umgelegtem Rand und 20 cm Mündungsdurchmesser aus dunkelgrauem, sehr hart gebranntem Ton weist aussen eine separat aufgetragene zweite Schicht und innen rötliche Flecken auf (Taf. 27, **T872**). Diese Flecken resp. die Innenseite zeigen bei der pXRF-Oberflächenanalyse jedoch *nur wenige signifikante Metallwerte* (Tabelle 1): Ag+ und Hg+; aussen auf dem *Lutum* ist das MgO erhöht. Die Keramik entspricht chemisch der lokalen Ware aus den Töpfereien im Areal Augst-Schwarzacker / -Venusstrasse / -Osttor³⁴⁹ und belegt deren Herkunft aus der geläufigen Geschirrkemik. Das aussen aufgetragene *Lutum* besteht wahrscheinlich aus der Tongruppe 3.

Welcher Prozess in diesem umfunktionierten Gefäss stattgefunden hat, entzieht sich unserer Kenntnis. Sicher darf man die Schüssel nicht als gebrauchten, normalen Schmelztiegel interpretieren. Wozu man auf ihr die äussere Schutzschicht (*Lutum*) aufgetragen hat, ist nicht auszumachen (s. Abb. 27); von der Form her wäre am ehesten an die Funktion als «Glashafen» zu denken³⁵⁰. Dem widersprechen jedoch die leicht erhöhten Silber- und Quecksilberanteile. Das nur wenig gebrannte *Lutum* zeigt auch, dass das Gefäss kaum über etwa 800 °C erhitzt worden ist.

Diese Schüsselform ist in Augusta Raurica relativ selten; schlechte Parallelen sind bisher nur in Komplexen des 3. Jahrhunderts zu finden:

- ein Exemplar aus rotbraunem, hartgebranntem Ton, Durchmesser knapp 20 cm, aus dem zweiten Viertel des 3. Jahrhunderts von der Theater-Nordwestecke³⁵¹
- ein Fehlbrand aus ockerfarbenem, im Kern grauen Ton, Durchmesser 21 cm, aus der Verfüllung (2. Hälfte 2. bis 1. Drittel 3. Jh.) eines Kellerzugangs in Kaiseraugst-Auf der Wacht³⁵².

Dem widerspricht der Fundkontext unseres Stückes, der mit Keramik des dritten Viertels des 1. Jahrhunderts vergesellschaftet ist. Ob die im Detail singuläre Form eine Sonderanfertigung für metallurgische Zwecke aus dem fortgeschrittenen 1. Jahrhundert war?

Auswärtige Beispiele

Diese Beobachtung von in der Metallurgie benutzten Gefässen der Gebrauchskeramik machten auch Thilo Rehren und Kerstin Kraus in Xanten / D: Neben den typischen römischen

mischen Tiegeln mit verdicktem Boden sind andere «apparently re-used domestic ware, fitted with a secondary, outer layer of clay to adjust them for the specific use»³⁵³.

Konkrete Beispiele resp. eindeutig als Metallschmelztiegel verwendete Gebrauchsgefässe sind mir aus römischem Kontext allerdings nicht bekannt. Mit Blick auf die grosse Hitze und Beanspruchung ist dies auch nicht sehr wahrscheinlich: Ein Gefäss aus üblicher Gebrauchskeramik wäre im Herdfeuer geschmolzen und vorzeitig zerbrochen. Wenige ähnliche Schüsseln mit äusserer *Lutum*-Schutzschicht sind entweder Glashäfen (Abb. 27,1–3³⁵⁴) oder sie dienten für einen Scheidungsprozess zur Goldanreicherung und hatten einen auflutierten Deckel (Abb. 27,4)³⁵⁵. Ob auch das Stück **T872** aus Augusta Raurica zum Scheiden von edlen und unedlen Metallen diente, ist angesichts der nachgewiesenen Reste von Silber und Quecksilber durchaus möglich, auch wenn analoge Funde mit eindeutigen archäometrischen Spuren fehlen.

Tiegeldeckel

Definition und Vorkommen in Augusta Raurica

Deckel resp. Abdeckungen auf Tiegeln verhindern einerseits das Hineinfallen von Asche und Holzkohlestückchen im Herdfeuer und andererseits lästige Oxidation und Schlackenbildung auf dem Schmelzgut im Tiegelinneren. Bei speziellen Prozessen, z. B. der Zementation, waren Deckel unabdingbar, damit sich Metaldämpfe (z. B. Zink >907 °C) nicht verflüchtigen konnten, sondern die gewünschten Verbindungen *im* Tiegel eingingen³⁵⁶.

349 Analyse und Zuweisung Markus Helfert (hier Tabelle 1), dem ich danke, dass er dieses Stück spuren-chemisch besonders abgeklärt hat. Eine nähere Zuweisung zu den Referenzgruppen Venusstrasse-Ost und Osttor erlaubt das Einzelstück nicht. Zu diesen Referenzgruppen zusammenfassend Schmid 2008, 169 ff. Abb. 114 (mit älterer Literatur).

350 Am nächsten Fischer 2009, Abb. 110, G3 (alle anderen Glashäfen Abb. 110–114 jedoch etwas grösser, dickwandiger und mit gedrungerem Randprofil). Allerdings ist auf Glashäfen nur selten eine äussere *Lutum*-Schicht erhalten, wie z. B. auf unserer Abbildung 11 (s. oben mit Anm. 128).

351 Furger / Deschler-Erb 1992, 312 Taf. 76, 19/72 (Phase 19).

352 Müller 1989, 181 ff. Kat.-Nr. 23 Abb. 12, 23.

353 Rehren / Kraus 1999, 267. – Neuzeitliches Beispiel siehe oben in Anm. 173.

354 Die abgebildeten römischen Beispiele stammen aus Marseille / F und Maguelonne / F: Nin / Picon 2003, Abb. 2, 2.11.18 (= hier Abb. 27,1–3); ein weiteres Stück aus Vienne / F: Abb. 3, 18.

355 Mehrere Fragmente aus einem spätflavisches verfüllten Schacht in London / GB mit *Lutum*-Resten und Schüsseln, innen und am Rand purpur-rosa verfärbt, Nachweise von Hämatit, Silber und Spuren von Gold: Bayley 1991, 21–23 Abb. 1 (Rekonstruktion = hier Abb. 27,4).

356 Agatharchides zum Einsatz eines Deckels bei der Verhüttung von Gold: Über das Rote Meer, Buch 5, 28 (v. Lippmann 1919, 264 [mit älterer Lit.]).

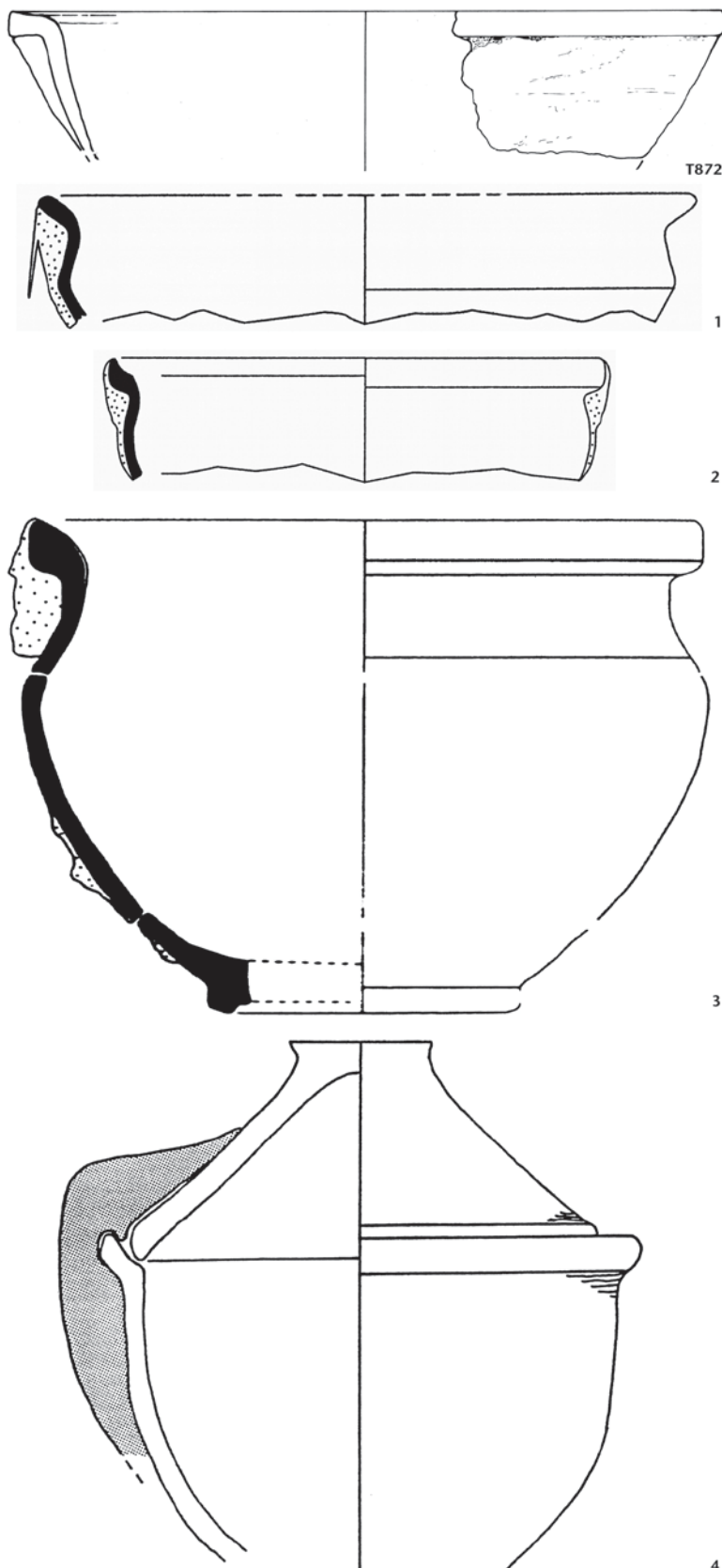


Abb. 27: **T872**: Augusta Raurica, Insula 31. Schüssel aus Gebrauchskeramik mit leicht gebranntem, aber nicht verschlacktem Überzug aussen (Lutum), innen partieller, beigerötlicher Belag (Spuren von Ag und Hg), aussen kleine verglaste Partie (Taf. 27, **T872** mit Fotos). Zweckbestimmung unsicher, möglicherweise Gefäß zur Scheidung von edlen und unedlen Metallen. – Vergleichsstücke: 1: Marseille / F (Glashafen); 2: Maguelonne / F (Glashafen); 3: Vienne / F (Glashafen); 4: London / GB (Scheidegefäß, Rekonstruktionszeichnung). M. 1:2 (1–3 ohne M.).

Es gab – und gibt bis heute – separate, getöpferte Deckel (Abb. 29), die kurz vor dem Giessen mit der Zange weggenommen werden konnten. Es gab aber auch Tiegel, deren Mündung komplett mit Lehm verschlossen wurde und die mit Hilfe eines zweiten, kleinen, an der Seitenwand angebrachten Loches geleert wurden (dazu unten mit Abb. 44; 45 und 47).

Verschiedene, meist dickwandige Tonscheiben aus Augusta Raurica scheinen Tiegeldeckel zu sein (Taf. 29, **T875–T882**)³⁵⁷. Ihnen gemeinsam ist in der Regel ein poröser, allem Anschein nach organisch gemagerter Ton, weicher Brand mit entsprechender Brüchigkeit und die Tatsache, dass sie handgemacht und oft entsprechend unregelmässig geformt sind. In Material und Farbe sind offenbar zwei Gruppen zu unterscheiden: die brauntonigen aus normaler Keramik und die beiden Ausnahmen **T880** und **T881** aus schwarzem, sehr porösem und leichtem Material mit hellgrauer Oberfläche. (Zu den Tonanalysen s. S. 155; 166 ff.)

Tiegeldeckel sind sehr variantenreich. Dies ist auf die unterschiedlichsten Funktionen zurückzuführen, die sie auf kleinen und grossen Tiegeln zu erfüllen hatten (s. unten mit Abb. 29).

Organische Magerung

Die zwei erwähnten porösen Deckel **T880** und **T881** wurden an den «schwarzen» Bruchflächen näher untersucht. Sie sind in Abbildung 128, oben, in zehnfacher Vergrößerung dargestellt. Der Vergleich mit neuen, in Experiment 6 hergestellten, vorgebrannten und im Zementationsfeuer eingesetzten Deckeln (Abb. 126; 128, unten) erlaubt eine Aussage zur Magerung.

Das Bruchbild der originalen Deckel zeigt kleine, feine Hohlräume bei **T880** und etwas grössere, amorph angeordnete Kluften bei **T881**. Unser Deckel **T880** scheint – im Vergleich mit den Experimentierdeckeln – mit feinem organischem Material wie Mehl oder ganz klein gehäckselten Gräsern (Stroh, Heu) gemagert worden zu sein und kommt dem Schnittbild von Experimentierdeckel 2 nach Erhitzung auf 1020 °C am nächsten (Abb. 128). Deckel **T881** hingegen entspricht eher den Experimentierdeckeln 3–5 und scheint mit etwas groberem Material gemagert worden zu sein³⁵⁸. Leider war es nicht möglich, die kleinen Hohlräume mit Hilfe einer Mikrotomographie räumlich darzustellen³⁵⁹.

Als Tiegeldeckel wiederverwendete Amphorenscherbe

Eine Besonderheit unter den Tiegeldeckeln ist das Fragment einer *Amphorenscherbe* mit einem kreisrund konturierten verglasten Belag auf der leicht konkaven Aussen-seite (Taf. 30, **T883**). Das Fragment ist Teil einer einst ca. 12 × 12 cm grossen, relativ flachen Scherbe einer grossen Amphore (wohl der Form Dressel 20). Die Platte muss im 1. Jahrhundert als Deckel auf einem Tiegel mit etwa 11 cm Randdurchmesser gedient haben, wie der grünlichgraue

Belag und unsere Analysen nahelegen. Der dunkel-grau-grüne, kreisrunde Glasurfleck (Abb. 6, **T883**) enthält ein Mehrfaches an Metallen wie die nicht kontaminierte Scherbenoberfläche (Tabelle 1, Messstellen 1977_07403_a und _b): Das Kupfer ist um Faktor 5 angereichert, Zink 27× stärker konzentriert, das Zinn ist auf der Amphoren-Innen-seite unter der Nachweisgrenze, im Glasurfleck immerhin mit 25 ppm präsent, das Blei ist 9× und das Silber 8× stärker als ausserhalb des postulierten Tiegelmündungsbereichs. Auch Chlor, Schwefel und Arsen sind in der Glasur viel stärker nachweisbar als auf dem Scherben. All dies lässt erkennen, dass der antike Giesser mit dem Amphorenscherben einst einen Tiegel mit einer Zinn-Bleimessing-Schmelze abgedeckt hat.

Dass das erhaltene Stück erst nach dem Einsatz als improvisierter Deckel zerbrochen ist, zeigen die Bruchkanten: Die beiden *primären Brüche* an den Deckelaussenseiten (Seitenansichtfotos oben und rechts auf Taf. 30, **T883**) sind durch den Einsatz als Tiegeldeckel im Herdfeuer *versintert*, während die sekundären Brüche (unten und links in Taf. 30, **T883**) frisch und unversintert sind.

Befestigung der Deckel: lose aufgelegt oder mit Lutum auf Tiegel geklebt?

Römerzeitliche Messing-Zementation ist bisher anhand von Tiegelfunden in Gallien, Britannien und Niedergermanien beschrieben worden³⁶⁰. Sowohl bei den grossmasstäblichen Tiegeln in Autun / F und Lyon / F (Abb. 29, 11; vgl. mit Taf. 24, **T821**) als auch bei den kleinmasstäblichen aus Colchester / GB und Xanten / D (Abb. 29, 10) sind deutliche Reste vom Lehmverstrich (*Lutum?*) erhalten, mit dem die Deckel auf den Tiegelmündungen verklebt waren. Auch die «Verbronzung» von Eisenoberflächen erforderte offenbar ein geschlossenes Tiegelsystem, wie die ebenfalls dicht auf-lutierten Deckelchen von Vertault / F zeigen³⁶¹.

357 Ursprünglich wurden die auffallend leichten, im Bruch schwarzen Stücke als mögliche Kupellen betrachtet, doch die Analysen (hohe Zn-Gehalte) und die Tatsache, dass mehrere Tiegeleränder horizontale Lehmverstreichungen aufweisen (hier Abb. 28), brachten Markus Helfert auf die Interpretation Tiegeldeckel. Zwei ähnliche dickwandige Stücke aus Autun / F, jedoch mit hochgezogenem Knauf, sind unten angeführt (hier Abb. 29, 7, 8; Anm. 367).

358 Ähnliche längliche Kluften hinterliess die pflanzliche Magerung in einem Tiegel aus Arslantepe/TR (4.–2. Jh. v. Chr.): Palmieri / Morbidelli 2002, 17 Abb. 9.

359 Erfolgreicher waren die Neutronen- und Röntgentomografien von Tiegelfragmenten und Gussformen, die ich Eberhard Lehmann und David Mannes vom PSI in Villigen / AG verdanke (Abb. 22; 49–52).

360 Bayley 1984B, Abb. 1 und 2 (Colchester / GB); Picon u. a. 1995, Abb. 5–7; 8 (Lyon); Chardon-Picault / Picon 1997, Abb. 2, 8, 10 (Autun); Rehren 1997, Abb. 13 (Xanten); Rehren / Martín-Torres 2008, Abb. 9.1, links (Colchester; auch abgebildet in Bayley 1989, Abb. 3).

361 Chardon-Picault 2005, Abb. 2–8; Picon 2007, 10.

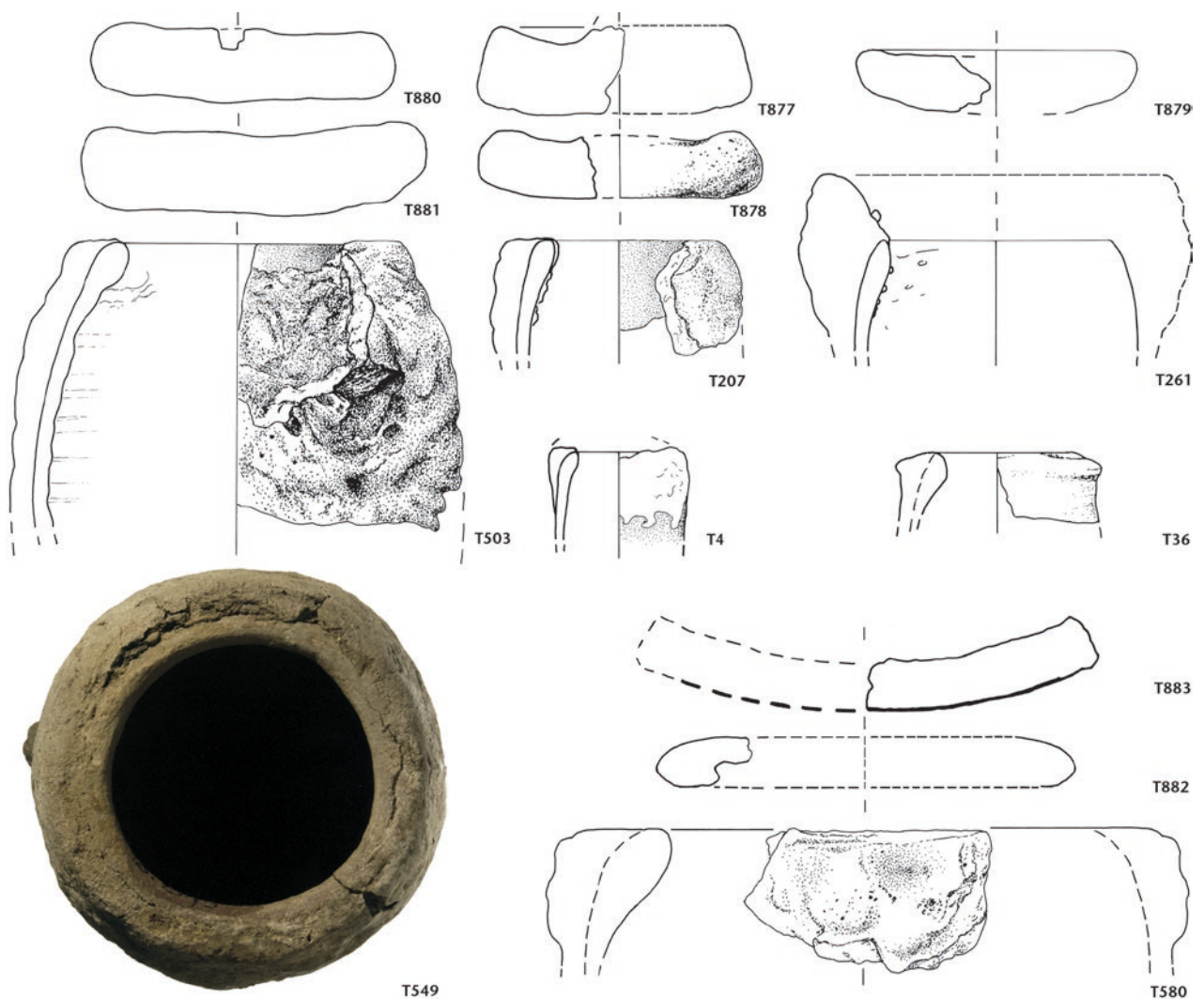


Abb. 28: Augusta Raurica. Tiegeleränder, deren Rand oben mit Lutum verbreitert und zum Auflegen eines Deckels abgeflacht ist, sowie einige Deckel (Auswahl aus Taf. 29) in willkürlicher Anordnung. Zum Tiegel **T580** s. Abb. 51; zum improvisierten Deckel **T883** s. Taf. 30, oben. M. 1:2.

Dieser fast hermetische Verschluss der Zementationstiegel schaffte im Innern zwar eine reduzierende Atmosphäre, konnte aber nur funktionieren, wenn die bei der Erhitzung des Zinkerzes entstehenden Zinkdämpfe durch die Poren entweichen konnten und zu keinem Überdruck führten (Abb. 127; 133; 136).

An den zinkreich kontaminierten Tiegelresten und manchen Tiegeldeckeln aus Augusta Raurica ist jedoch zu beobachten, dass auch mit *Lutum* gearbeitet wurde: Die Tiegeleränder sind bisweilen aussen mit *Lutum* verdickt und enden nach oben in einer horizontalen Fläche, auf denen die Deckel gut und relativ bündig aufliegen konnten (Abb. 28, **T207**, **T503**, **T549**, **T580**). Es lassen sich an den Deckelunterseiten und oben an den Tiegelerändern jedoch keine Reste einer weggebrochenen Ver kittung erkennen. Es ist daher zu vermuten, dass in Augusta Raurica zwar auch in einigermaßen reduzierender Atmosphäre mit Deckelverschluss Messing zementiert worden ist, die Deckel aber bloss *lose* aufgelegt und nicht auflutiert waren (einzige mögliche Ausnahme: Abb. 28, **T4**).

Dieser Sachverhalt – lose aufliegende Deckel in Augst und mit Lehm geschlossene Zementationstiegel in anderen Provinzen – wurde von uns in einem Experiment nachvollzogen und beobachtet (dazu unten S. 215; 219 mit Abb. 127; 130; 136; 138). Selbstverständlich leistete ein lose aufgelegter Tiegeldeckel (Abb. 29) – oder irgendein anderes geeignetes improvisiertes Stück (Blechabschnitt, Keramikscherbe [Taf. 30, **T883**], Ziegelstück usw.) – auch bei ganz normalen Schmelzprozessen eine gute Hilfe bei der Verhinderung von Verunreinigung und Oxidation der Schmelze.

Auswärtige Beispiele

Der Seltenheit von Tiegeldeckeln stehen deren Vielfalt in Form, Machart und Funktion gegenüber (Abb. 29). Eine typologisch-funktionale Gliederung drängt sich daher beim heutigen Forschungsstand noch nicht auf. Deckel in Form einfachster runder Tonscheiben (wie die meisten Stücke aus Augusta Raurica: Taf. 29) sind vermutlich oft nicht als Tiegeldeckel erkannt worden. Die meisten publizierten Stücke haben oben einen Griffknopf, der entweder



Abb. 29: Tiegel mit Deckeln und isolierte Tiegelerdeckel. 1: Saalburg / D; 2: Alise-Sainte-Reine / F-Alesia; 3: Verulamium / GB; 4: Mont-Mont Beuvray / F-Bibracte; 5-8: Autun / F-Augustodunum; 9: Vertault / F; 10: Xanten / D; 11: Lyon / F-Vaise. M. 1:2.

aus der runden Lehtmscheibe herausmodelliert worden ist oder durch eine Hochwölbung des Deckels entstanden ist. Sonderformen gehören zu Sonderprozessen wie Zementation (Abb. 29,10.11) und «Verbronzung» (Abb. 29,9).

Die Machart der massiven Deckel auf den riesigen Zementationsgefässen von Lyon/F (Abb. 29,11)³⁶² erinnert etwas an ein schwer zu deutendes Stück aus Augst, Insula 34 (Taf. 24, **T821**), das im Katalog mit Fragezeichen als übergrosser Tiegelrand aufgeführt ist (nicht analysiert).

Ein Tiegelaltfund aus der Saalburg/D ist 9,5 cm hoch (Abb. 29,1)³⁶³. Er besitzt einen gut passenden Deckel mit Griffflasche oben. Daran war der Deckel mit der Giesserzange gut zu greifen, ähnlich wie ein Tiegel – ebenfalls von der Saalburg/D –, der einen ähnlichen «Griff» an der Tiegelwand hat (Abb. 23,4). Beim Fund Abbildung 29,1 sind aber keine Spuren einer Verbindung der beiden Elemente mit Lehm erkennbar (vgl. Abb. 47). Der Tiegel, der wohl wie die Stücke aus Augusta Raurica scheibengedreht und darüber lütiert ist, zeigt am Rand einen kleinen Ausguss. Der Deckel hingegen scheint handgeformt zu sein.

Weitere Tiegel mit Deckel und isolierte Tiegeldeckel (Auswahl): Frankfurt-Hedderheim/D (Abb. 47)³⁶⁴; Xanten/D, kleine Zementationstiegel (Abb. 29,10)³⁶⁵; Alise-Sainte-Reine/F-*Alesia* (Abb. 29,2)³⁶⁶; Autun/F (dickwandige, poröse Deckel von rund 10 cm Durchmesser mit Griffwulst in der Mitte [Abb. 29,7.8] sowie dünnwandige geschwungene Tiegel[?]-Deckel [Abb. 29,5.6])³⁶⁷; Mont-Mont Beuvray/F-Bibracte (Abb. 29,4)³⁶⁸; Vertault/F, Deckelchen von einem «Bronzierungs-Tiegelchen» (Abb. 29,9)³⁶⁹; Verulamium/GB (Abb. 29,3)³⁷⁰; Silistra/BG-Durostorum³⁷¹ (nicht abgebildet).

Unterschiedliche Funktionen: Heutige Beobachtungen bei Giessern in Entwicklungs- und Schwellenländern zeigen, dass die Tiegel sehr oft und in erster Linie zum Schutz von Oxidation und Verunreinigungen im Herdfeuer zugedeckt werden³⁷². Hierfür werden in aller Regel aber keine extra hergestellten Tiegeldeckel verwendet, sondern *ad hoc* beschaffte flache Keramikscherben, grössere Holzkohlebrocken³⁷³, Ziegelstücke (ähnlich dem römischen Amphorenscherben Taf. 30, **T883**) oder Eisenblechstücke. Solch improvisierte Abdeckungen sind sicher auch in römischen Giessereien zu erwarten, archäologisch ist dies jedoch kaum nachweisbar.

Im archäologischen Kontext stehen Tiegeldeckel oft sogar in einem direkten Zusammenhang mit speziellen Prozessen, bei denen ein Luftzutritt besonders unerwünscht war, wie etwa bei der Zementation von Messing (Abb. 29,10.11) oder der *Bronzierung* von kleinen Eisenobjekten in geschlossenen Tiegelchen. Der letztere Arbeitsgang scheint im römischen Vertault/F-Vertillum nachgewiesen. Dort fanden sich zahlreiche Tiegelchen von 2,7–4,4 cm Durchmesser, die offenbar jeweils zu zweit gegenseitig mit Lehm zusammengefügt und mit einer Deckel-

scheibe (Abb. 29,9) in der Mitte abgetrennt und verschlossen wurden. Nach Pascale Chardon-Picault handelt es sich dabei um «enveloppes de terre employées pour l'opération de bronzage d'un objet ou d'une partie d'un objet en fer; peut-être un cabochon en fer semi-sphérique»³⁷⁴.

In allen scheibenförmigen Augster Tiegeldeckeln, die Gebrauchsspuren vom Herdfeuer zeigen, liessen sich erhöhte Werte von *Zink* nachweisen (Abb. 102, **T877**; Tabelle 1, Kat.-Nr. **T877–T882**). Analoge Zink-Konzentrationen zeigen auch einige grössere Tiegel, deren *Lutum*-Überzug oben an der Mündung horizontal abgestrichen ist (Abb. 28, **T580**). Es ist einerseits zu vermuten, dass in diesen «normalen» Tiegeln Messing erschmolzen worden ist, und die Deckel belegen, dass man verhindern wollte, dass das sehr flüchtige – aber als Metall noch unbekannte – Zink verloren ging³⁷⁵. Ich vermute andererseits, dass sich mit diesen Tiegeln und Deckeln auch für Augusta Raurica die *Zementation von Messing* mit Kupfer und Zinkerz (z. B. Galmei) belegen lässt. Man kann dank unserer Experimente jetzt sogar aufgrund der unterschiedlichen Zinkanreicherung in der Keramik Messingschmelztiegel von Zementationstiegeln unterscheiden (dazu oben S. 83 mit Abb. 28 und unten Experiment 7 mit Abb. 127; 132; 136).

Nebst Zementation von Messing und Verbronzung von eisernen Kleinobjekten beobachten wir selten auch

362 Desbat u. a. 2000, 184 f. Abb. 1 (grosse Zementationstiegel mit Deckel zur Messingherstellung = hier Abb. 29,11); Picon 2007, Abb. 1.

363 Jacobi 1897, 428 Abb. 64,27; Rosenberg 1910, Abb. 70 (besseres Bild = hier Abb. 29,1).

364 Fischer u. a. 1998, Abb. 101,21 (lehmverstrichene, konische Deckel auf Tiegeln mit seitlichem Loch = hier Abb. 47).

365 Rehren 1999, 1083 Abb. 1,b (kleine Zementationstiegelchen von rund 30 mm Durchmesser und nur 15–20 cm³ Fassungsvermögen zur Messingproduktion = hier Abb. 29,10); Rehren 2003, 209 Abb. 14.3, rechts unten.

366 Champion 1916, 243 Taf. 14,60828 (= hier Abb. 29,2).

367 Chardon-Picault/Pernot 1999, 176 f. Abb. 145,2462.2463 (= hier Abb. 29,7.8) und Abb. 199,3.4 (= hier Abb. 29,5.6); Chardon-Picault 2007, 42 f. Abb. 29 (zwei Exemplare, Durchm. 97 resp. 101 mm, Dicke 28 resp. 21 mm; beide Exemplare mit eingeknicktem Griffklappen [«Élément de préhension sur la partie supérieure: marque de la pince. Réalisé en pressant l'argile avec les doigts»] = hier Abb. 29,7).

368 Almagro-Gorbea u. a. 1991, 268 Abb. 6, Mitte (= hier Abb. 29,4).

369 Chardon-Picault 2005, 138–140 Abb. 4; 5 (= hier Abb. 29,9).

370 Frere 1972, Abb. 141,6 (= hier Abb. 29,3).

371 Elefterescu 2013, 199 Taf. 12,1.2 (ähnlich Abb. 29,7.8; 47, rechts).

372 Beobachtungen des Verfassers zwischen 1973 und 2013 in Niger, Kamerun, Indien, Nepal und Europa.

373 Empfohlen auch von Brepohl 2000, 140.

374 Chardon-Picault 2005, 138 ff. Abb. 2–6 (Abb. 5 = hier Abb. 29,9; Abb. 8 mit Entsprechungen aus Autun/F-Augustodunum).

375 Anstelle von Deckeln werden auch Abdeckungen mit dicht gestampftem Lehmölver oder mit Sand empfohlen, etwa von Moesta 1983, 72. – Doridot u. a. 2006, 16 ff. Abb. 3, konnten zeigen, dass dies im Experiment gut funktioniert. Bei der Messingzementation sind daher Tiegeldeckel nicht unbedingt erforderlich.

Tiegeldeckel als normale Schmelzhilfen resp. Schmelzen-Abdeckung als grob gemachte, dicke Tonscheiben (Taf. 29) oder als lose Deckelchen mit Handhabe für die Tiegelzange (Abb. 29,1–6).

Verbreitung der Tiegel im Stadtgebiet von Augusta Raurica

Die 893 römischen Schmelztiegel und -fragmente aus Augusta Raurica streuen über das gesamte Stadtgebiet (Abb. 30). Ihr «Verbreitungsgebiet» spiegelt aus zwei Gründen nur zum Teil die einstige Verteilung der Bronze-giesereien wider: einerseits wegen der unregelmässig verteilten *Grabungsflächen* im Perimeter der antiken Stadt und andererseits wegen der vielen sekundär *verlagerten Einzelstücke in Planien*. Je mehr Zeugnisse punktuell gehäuft gefunden werden, desto eher zeigen sie eine Metallwerkstatt an. Manche Fundpunkte respektive Werkstätten fehlen sicher, weil sie noch unentdeckt sind.

Die grösste Streuung ist in der *Oberstadt* auszumachen, vor allem in den *zentralen Insulae* zwischen dem Forum und dem Südwestquartier an der Venusstrasse. Die Quartiere westlich und nördlich davon erbrachten an mehreren Orten kleinere Tiegelerien. In der Unterstadt hingegen sind die Tiegelfunde noch viel seltener und meist nur durch Einzelstücke vertreten. Diese könnten auch sekundär verschleppt hierher geraten sein und belegen noch keine Gieserei am Fundort.

Das vereinzelte Stück beim Südtor des *Castrums Rauricense* ist ein singulär massiver, nachrömischer Schalentiegel aus einem spätantik-frühmittelalterlichen Fundkontext (**T871**). Von drei noch abgelegeneren Stücken, weit im Osten (Abb. 30, roter Pfeil rechts; **T779–T781**), liegen nur Wandfragmente vor, die zu grossen Tiegeln gehören. Sie stammen aufgrund der Mitfunde in den Planie-, Lehm- resp. Humusschichten alle aus der zweiten Hälfte des 1. bis ersten Hälfte des 2. Jahrhunderts. Die Fragmente lagen *verlagert* mitten im dortigen Gräberfeldareal «Kaiseraugst, Im Sager». **T779** lag – zufällig? – in einem Brandgrubengrab, die anderen beiden Stücke haben mit den Bestattungen sicher nichts zu tun³⁷⁶. Die beiden Tiegelfunde am westlichen Stadtrand (Abb. 30, roter Pfeil links) stammen aus den teilweise locker überbauten Randquartieren: Das Stück aus der «Husmatt» (**T213**, nicht abgebildet) ist ein Siedlungsfund. Das zweite Exemplar aus «Galezen» (Taf. 13, **T446**) stammt vermutlich aus einem *Grab*³⁷⁷.

Bei der Gesamtverbreitung aller Tiegel fällt zudem auf, dass in *Insula 31* mit Abstand die meisten Tiegel gefunden wurden. Hier wurden Tiegel in allen Grössen verwendet (Abb. 31 und 32), hier wurde auch mit Edelmetallen gearbeitet (Abb. 91) und hier fanden sich auch die meisten Zeugnisse für die Messingherstellung (Zementation, Abb. 101; Deckel, Abb. 35). Dieselben breiten Verarbei-

tungsspektren finden sich in etwas geringerer Zahl auch in den benachbarten *Insulae* 30, 35 und 36.

Die Verteilung aller Schmelztiegelfunde über die Stadt Augusta Raurica deckt sich auf den ersten Blick recht gut mit der *Kartierung der Bronze-Halbfabrikate und Fehlgüsse*³⁷⁸. Von vielen Tiegelfundstellen sind jedoch keine werkstatt-spezifischen Funde aus Buntmetall bekannt. Da dies vor allem Areale mit nur vereinzelt Tiegelfragmenten betrifft (Abb. 30, kleine Punkte), ist zu vermuten, dass diese eher *verschleppt* wurden als metallene Halbfabrikate und dergleichen. Dies erscheint logisch, da Tiegelscherben wertlos, Metallabfälle aber zum Wiedereinschmelzen geeignet und begehrt waren.

Verbreitung nach Grösse

Wir haben zwar gesehen, dass die *grossen und kleinen Schmelztiegel* chronologisch gesehen etwas unterschiedliche Schwerpunkte einnehmen (unten mit Abb. 36), doch im Verbreitungsgebiet zeigt sich das nicht: Die kleinen Tiegel (Abb. 32) streuen mit denselben Schwerpunkten und Lücken über das ganze Stadtgebiet wie die grossen und die übergrossen Stücke (Abb. 31). Die mittelgrossen Tiegel wurden zwar versuchsweise ebenfalls kartiert, aber nicht abgebildet, weil sie das Bild nicht verändern. Das im Vergleich zu den kleinen Stücken leicht häufigere Vorkommen grosser Tiegel in der Unterstadt ist wahrscheinlich auf die Expansion dieser Nordquartiere zu einer Zeit zurückzuführen, als grosse Tiegel – wegen einer Rationalisierung in diesem Gewerbe? – geläufiger wurden.

Die auf dem Plan ebenfalls stark auffallende Häufung in *Insula 19* (Abb. 30 und 32) hat eine ganz andere Ursache als die Bronzeverarbeitungszentren in den *Insulae* 30, 31, 35 und 36. Sie zeigt das «*Händlerdepot*» mit den importierten, *ziemlich kleinen, unbenutzten Tiegeln* **T124** bis **T187** (Taf. 4–6).

Verbreitung nach Tongruppe

Dank der spuren-chemischen Analysen der Tiegelkeramik und der Herausarbeitung der Tiegeltongruppen 1–5 (S. 110 ff.) wissen wir, dass die römischen Buntmetallgiesser

376 Ich danke an dieser Stelle Sandra Ammann, die z. Z. eine Dissertation mit dem Arbeitstitel «Das Südostgräberfeld Im Sager. Eine gallo-römische Nekropole aus Augusta Raurica – eine archäologische und naturwissenschaftliche Auswertung» schreibt, für weitere Abklärungen der Befunde. Beim Grab mit Tiegel **T779** handelt es sich um Grab G68/G79, die anderen Tiegelfragmente kamen bei flächigen Schichtabträgen in den Feldern 4/5 und 6 zum Vorschein.

377 Im selben Grab soll nach dem Inventar des Museums Augusta Raurica auch ein Medea-Applikenbecher gelegen haben: Steiger 1966, 39 f. Abb. 32–34.

378 Furger 1995, 139 ff. Abb. 6–8.

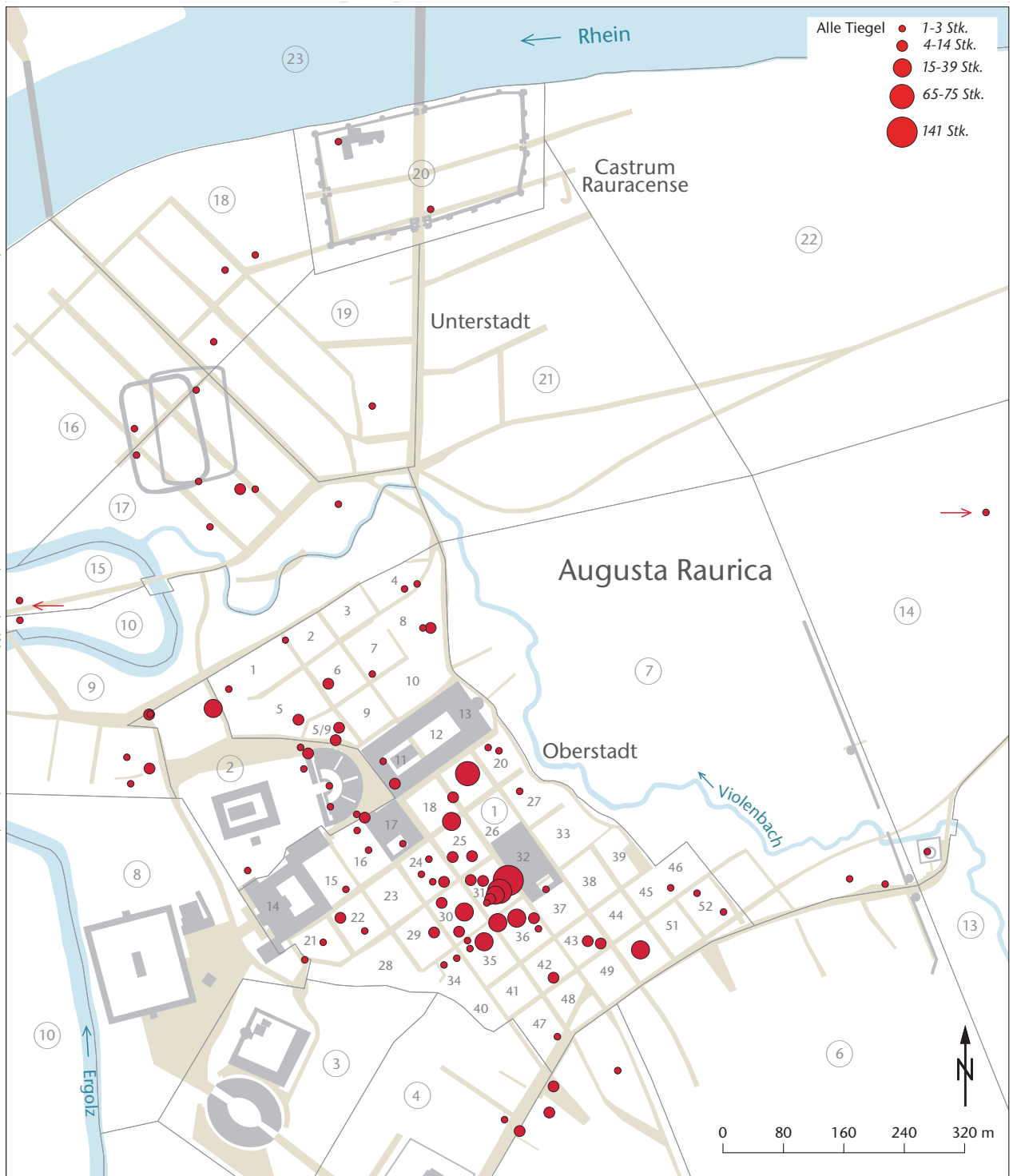


Abb. 30: Augusta Raurica. Verbreitung sämtlicher für den Buntmetallguss verwendeten Tiegel (**T1-T893**) und Regioneneinteilung des Stadtareals (1-52 = Insulae; ② ff. = Regionen). M. 1:8000.

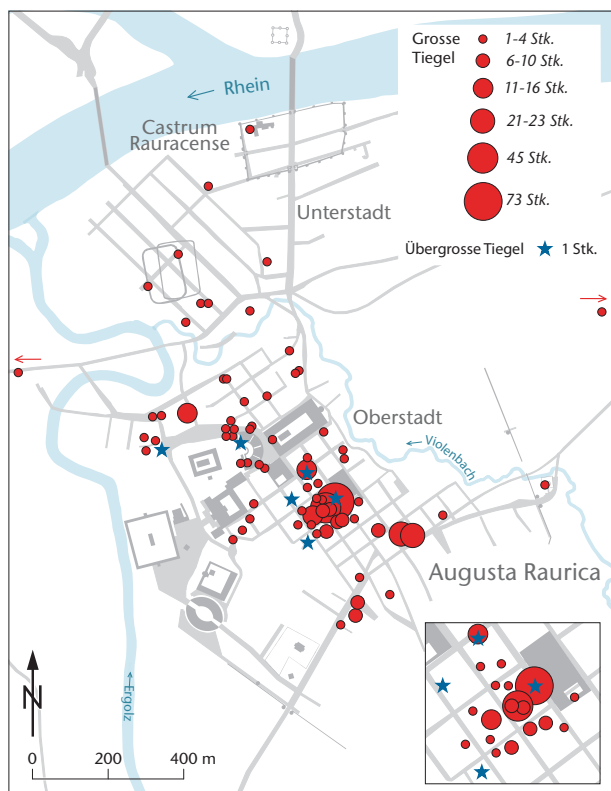


Abb. 31: Augusta Raurica. Verbreitung der beutelförmigen Tiegel vom «Normaltyp», Format gross (T446–T815) und übergross (T816–T821). Die Tiegel vom «Normaltyp», Format mittelgross, sind nicht kartiert. M. 1:20 000.

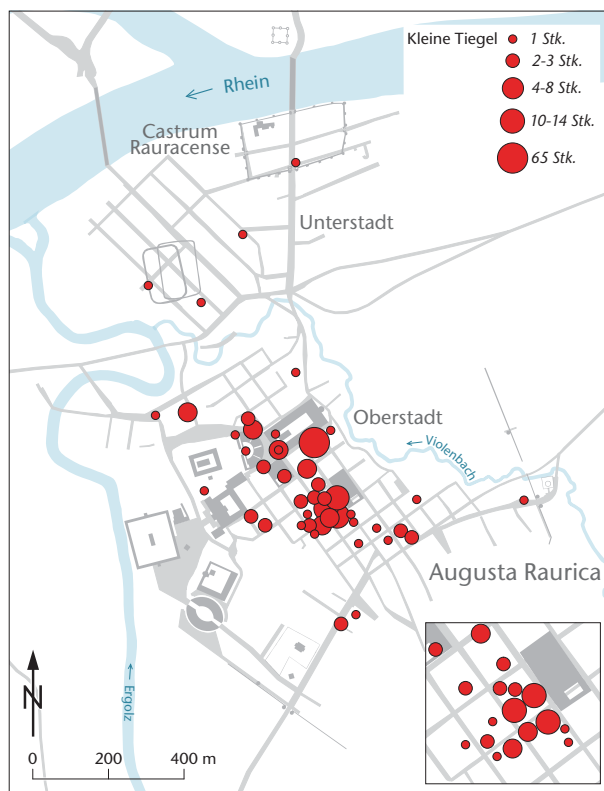


Abb. 32: Augusta Raurica. Verbreitung der beutelförmigen Tiegel vom «Normaltyp», Format klein (T1–T186). M. 1:20 000.

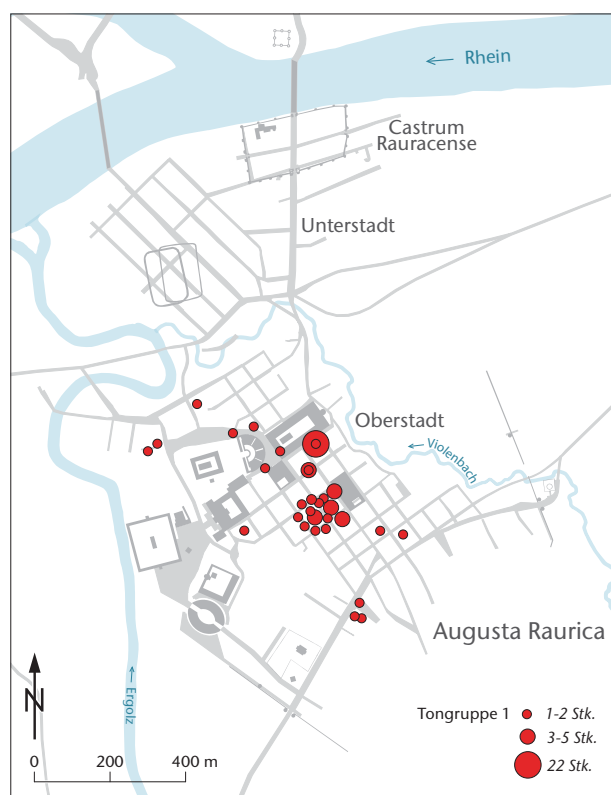


Abb. 33: Augusta Raurica. Verbreitung der analysierten Tiegel der Tongruppe 1 (Herkunft Jura, Gebiet Châtelat/BE). M. 1:20 000.

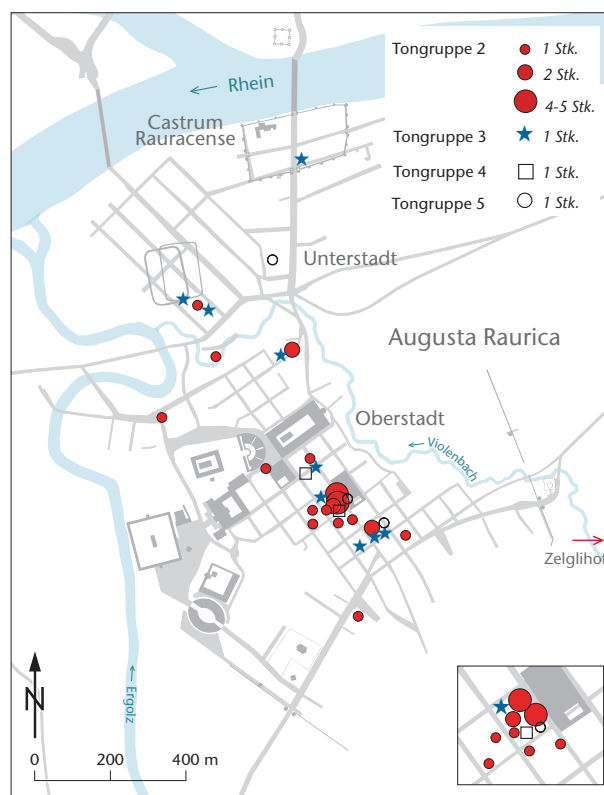


Abb. 34: Augusta Raurica. Verbreitung der analysierten Tiegel der Tongruppen 2 (Herkunft lokal, Gebiet Kaiseraugst/AG-Zelglihof) sowie Tongruppen 3–5 (nicht lokalisiert, wohl ebenfalls lokal anstehend). Die Tonlagerstätte «Zelglihof» liegt nur 100 m rechts ausserhalb des Kartenausschnitts (Pfeil). M. 1:20 000.

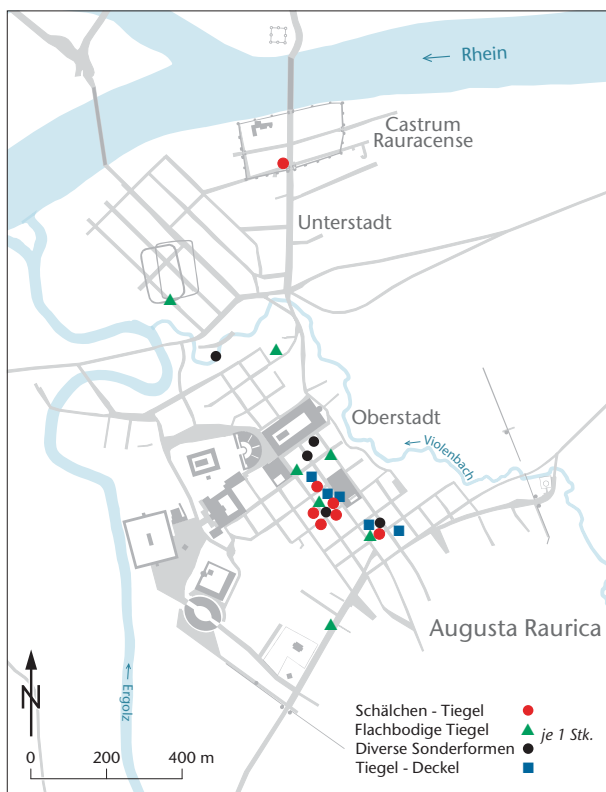


Abb. 35: Augusta Raurica. Verbreitung der Schälchentiegel **T865–T871** (der Rote Punkt im Castrum Rauracense ist frühmittelalterlich), flachbodigen Tiegel **T855–T864**, Tiegelsonderformen **T851–T854** und **T872–T874** sowie der Tiegeldeckel **T875–T883**. M. 1:20 000.

in Augusta Raurica ihre *Tiegel* von verschiedenen Quellen bezogen. Zwei Tongruppen konnten zum Glück sogar lokalisiert werden, nämlich die *Tongruppe 2*, welche der Lagerstätte 3 in Kaiseraugst/BL-Zelglihof am nächsten kommt, und *Tongruppe 1*, die bestens zur Hupperlehm-Lagerstätte 47 in Châtelat/BE im Jura passt (Abb. 72). Deren getrennte Kartierung ergibt jedoch keine markanten Unterschiede (Abb. 33 und 34). Demzufolge haben die verschiedenen Giesser sowohl die – refraktären, aber teuren? – Importtiegel verwendet als auch diejenigen aus lokalem Ton von Kaiseraugst-Zelglihof! Werkstattspezifische Unterschiede oder Vorlieben für das eine oder andere Produkt lassen sich nicht ausmachen. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Verbreitungsbildern ist der starke Fundpunkt in Insula 19 für die *Tongruppe 1* (das erwähnte Händlerdepot).

Die viel seltener nachgewiesenen und auch noch nicht lokalisierten Tongruppen 3–5 lassen sich bezüglich ihrer Verteilung im Stadtgebiet nicht deuten, da die Zahl der entsprechenden Analysen zu klein ist. Für die *Tongruppe 3* (Tiegel-Beispiele auf Abb. 68) lässt sich feststellen, dass diese immerhin zweimal und nahe beieinander «auf der Wacht» in der Kaiseraugster Unterstadt (**T250** und **T856**) gefunden wurde und dreimal an der Venusstrasse in der Südvorstadt (**T412**; **T853** und **T865**; Abb. 34). Ob dies mit der Tiegelversorgung zu tun hat, ist nicht bekannt. Tiegel derselben *Tongruppe 3* wurden aber auch im grossen

«Giesserzentrum» in der Insula 31 verwendet (**T688** und **T854**), wo dasselbe Rohmaterial, vermischt zu *Lutum*, wiederholt auch auf Tiegel aufgetragen wurde (**T548**, **T673** und **T857**). Der Ausreisser ganz im Norden, im Kastellareal, ist der bereits erwähnte frühmittelalterliche Schälchentiegel **T871**. Von den selten nachgewiesenen *Tongruppen 4* und *5* sind nur Einzelstücke kartierbar.

Verbreitung nach Spezialform

Die Fundorte der Tiegel-Sonderformen und -Deckel interessieren wegen ihrer allenfalls speziellen metallurgischen Funktion besonders (Abb. 35). Das Einzige, was aufgrund ihrer Kartierung festgestellt werden kann, ist, dass sie an denselben Fundorten resp. in denselben Werkstätten vorkommen, wo auch viele normale Schmelztiegel gefunden wurden. Die vier relativ nahe beieinander gefundenen Schälchentiegel an der Kreuzung der Insulae 30/31/35/36 (Taf. 27, **T866/T868/T870/T869**) stehen in keinem direkten Zusammenhang zueinander, da sie formal und chronologisch weit auseinander liegen.

Verbreitung nach Metallgehalt

Ausser den Kartierungen nach Grösse, Form und Tongruppen sind auch die – meist kleinen – edelmetallhaltigen Stücke (Abb. 91) und die sicher einem Zementationsprozess unterworfenen Tiegel mit den höchsten Zinkgehalten (Abb. 101) im Stadtareal dargestellt worden. Ihr Verbreitungsbild wird unten S. 184 f. kommentiert.

Chronologie der Tiegel in Augusta Raurica

Beutelförmige Schmelztiegel des «Normaltyps»

Die Gesamtheit der ei- bis beutelförmigen Tiegel aus Augusta Raurica wurde auf Datierungsmöglichkeiten ihrer Fundkomplexe mit Hilfe von Keramikmitfunden und allenfalls Münzen geprüft. Auf diesem Weg sind 57% (109 Stück) der kleinen, 68% (174) der mittelgrossen und 65% der grossen Tiegel (257) datierbar. Die Datierungsgüte, die sich aus der Menge resp. Homogenität charakteristischer Keramik ergibt, ist dabei sehr unterschiedlich. Sämtliche Tiegel, die aus Komplexen mit zwei zeitlichen Schwerpunkten stammen oder die nur auf ein Jahrhundert «genau» datierbar sind, sind in der Auswertungsgrafik (Abb. 36) nicht erfasst. Berücksichtigt sind die engeren Fundkomplexdatierungen, die in Generationenschritten zusammengefasst wurden: 1. Hälfte 1. Jh., Mitte 1. Jh., 2. Hälfte 1. Jh., um 100, 1. Hälfte 2. Jh. usw. Sie erscheinen in den folgenden Diagrammen als vertikale Balken. Trotz dieser feinen Aufgliederung fallen in die meisten Zeithorizonte mehrere Be-

lege (max. 33), so dass die Ergebnisse – statistisch gesehen – dank des grossen Fundbestandes ziemlich repräsentativ sind.

Die allerjüngsten Tiegel sind zwei kleine Randstücke (**T40** und **T206**) aus der Zerstörungsschicht resp. einer «verschwemmten befestigungszeitlichen Kulturschicht» auf Kastelen. Es sind wahrscheinlich verschleppte Zeugnisse einer späten Giesserei vor Ort, die im 3. Drittel des 3. Jahrhunderts und vielleicht noch im 1. Drittel des 4. Jahrhunderts in Betrieb war³⁷⁹. Formal oder sonstwie unterscheiden sich diese spätesten Stücke nicht von jenen des 1.–3. Jahrhunderts.

Erstaunlicherweise *verschiebt sich das Grössenspektrum* der Schmelztiegel im Laufe des 1. bis 3. Jahrhunderts in Augusta Raurica:

Kleine Tiegel sind im früheren 1. Jahrhundert und – vermehrt noch – im späten 2. und 3. Jahrhundert besonders häufig (Abb. 36). Das grosse Depot kleiner, ungebrauchter Tiegel in Insula 19 gehört ins fortgeschrittene 3. Jahrhundert, weshalb es aus der obersten Grafik ausgeklammert wurde. Zu beachten ist, dass die Balken «um 150 n. Chr.» in den Diagrammen aus methodischen Gründen – wegen der Keramik-Datierungsmöglichkeiten im 2. Jh. – zu niedrig ausgefallen sind.

Betrachtet man diejenigen kleinen (und mittelgrossen) Tiegel, in denen archäometrisch auffallende Spuren von *Edelmetallen* nachgewiesen sind, so ergeben sich interessante Häufungen: Die analysierten Stücke, in denen erhöhte *Silbergehalte* gemessen wurden (Ag++ und Ag+ im Katalog), fallen in eine relativ enge Zeitspanne, nämlich vom 2. Viertel des 1. bis etwa zur Mitte des 2. Jahrhunderts. Interessanterweise waren Tiegel mit *goldhaltigen* Legierungen (Au++ und Au+ im Katalog) tendenziell später im Einsatz, nämlich im ganzen 2. und vermutlich noch in der 1. Hälfte des 3. Jahrhunderts. Nur die Stücke **T203** und **T254** (sowie der Schälchentiegel **T867**) mit geringen Goldspuren gehören ins 1. Jahrhundert.

Die *mittelgrossen* Tiegel sind im 1. Jahrhundert noch ziemlich selten (Abb. 36). Sie scheinen auch in der Spätzeit der Stadt, im 3. Viertel des 3. Jahrhunderts, ausser Gebrauch gekommen zu sein (nur 1 Beleg). Ihre gut belegte Phase hatten sie von der 1. Hälfte des 2. bis zur Mitte des 3. Jahrhunderts. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass in der Frühzeit und Spätzeit der Stadt Giessereibetriebe entweder Kleinobjekte mit kleinen Tiegeln gossen oder aber dann grössere Objekte oder Serien mithilfe von grossen Schmelzgefässen schufen, und dass dadurch mittlere Formate wenig gefragt waren.

Am erstaunlichsten ist, dass *grosse* und sehr grosse Tiegel eine relativ späte Erscheinung sind und erst im fortgeschrittenen 2. Jahrhundert vermehrt auftreten (Abb. 36). Ich sehe darin die Folge einer *Rationalisierung* in den Werkstätten, möglicherweise bedingt durch Formen, die den gleichzeitigen Guss mehrerer Objekte erlaubten, oder

durch das Füllen mehrerer Einzelformen mit einer einzigen grossen Tiegelcharge.

Die beiden Tiegel des Normaltyps, die mit *Griffflaschen* versehen wurden, fanden sich in Insula 19: in Kontexten des 1. Jahrhunderts (**T851**) oder gar der 1. Hälfte des 1. Jahrhunderts (**T852**).

Sonderform mit aussen leicht verdicktem Rand

Wir haben zuvor (S. 70 und Taf. 25, **T842–T850**) bei der Beschreibung einer besonderen Randausbildung an Tiegeln vermutet, dass diese Variante eventuell werkstattspezifisch ist oder gar eine individuelle «Töpferhand» repräsentiert. Die acht Exemplare wurden alle auf ihre Datierbarkeit aufgrund ihrer Fundkontexte und Mitfunde überprüft, und von allen liess sich hierzu ein Anhaltspunkt gewinnen (Abb. 37, oben): Demzufolge erscheint diese spezielle Tiegelform erst in der Mitte des 2. Jahrhunderts und tritt gehäuft – mit drei Belegen – in der Mitte des 3. Jahrhunderts auf. Dies verstärkt den Verdacht, dass die Variante während maximal hundert Jahren produziert und aus derselben Tiegeltöpferei stammen könnte. Der mehrfache Nachweis von Tongruppe 1 (**T842–T844; T849**) macht dies zur Gewissheit.

Tiegel mit umgelegtem Rand

Die beiden Tiegel mit umgelegtem Rand finden sich in Fundzusammenhängen des 1. Jahrhunderts (**T853**, aus Insula 43) respektive der Zeit des späten 1. bis Mitte des 2. Jahrhunderts (**T854**, aus Insula 31). An anderen Fundplätzen ist diese Tiegelrandform (S. 75 Abb. 25) nicht näher als «römisch» eingrenzbar.

Flachbodige Tiegel

Flachbodige Tiegel in Augusta Raurica kommen in allen Grössen und während der ganzen Kaiserzeit vor (Abb. 37, Mitte). Formal lassen sich, trotz der geringen Menge, einige Einschränkungen erkennen:

Das exotisch anmutende, ganz schlanke Stück **T859** aus Insula 42 ist sehr früh und kam bereits im 2. Viertel des 1. Jahrhunderts in den Boden. Die beiden kleinen Tiegel mit auffallend abgesetztem Flachboden **T857** aus Insula 31 und **T856** aus der Unterstadt in Kaiseraugst gehören nicht nur formal zusammen, sie sind offensichtlich auch etwa gleichzeitig (letztes Drittel 1. bis 2. Drittel 2. Jh.). Die drei grössten flachbodigen Tiegel verteilen sich auf die Zeit um 100 (**T862** aus Insula 43) sowie auf das späte 2. bis 1. Hälfte 3. Jahrhundert (**T860** aus Insula 18 und **T861** aus Insula 31).

379 Zu den zahlreichen Zeugnissen dieser Werkstatt Schwarz 2002, 252–266 Abb. 123–128 (**T40**: Abb. 123,3; **T206**: Abb. 123,4).

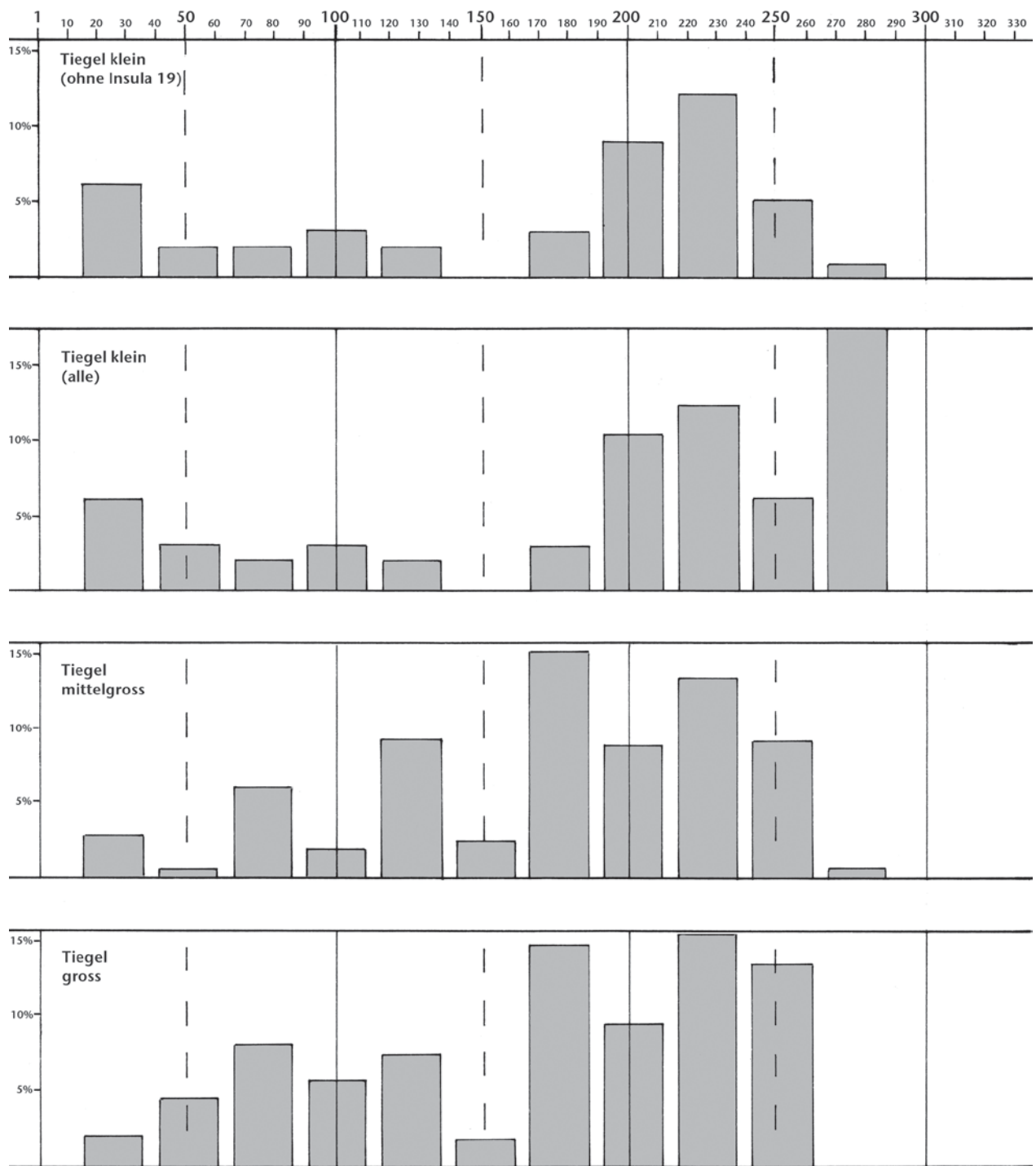


Abb. 36: Augusta Raurica. Datierungsspektren der Fundkomplexe mit Tiegeln vom «Normaltyp» (Taf. 1–24), getrennt nach Tiegelgrössen.

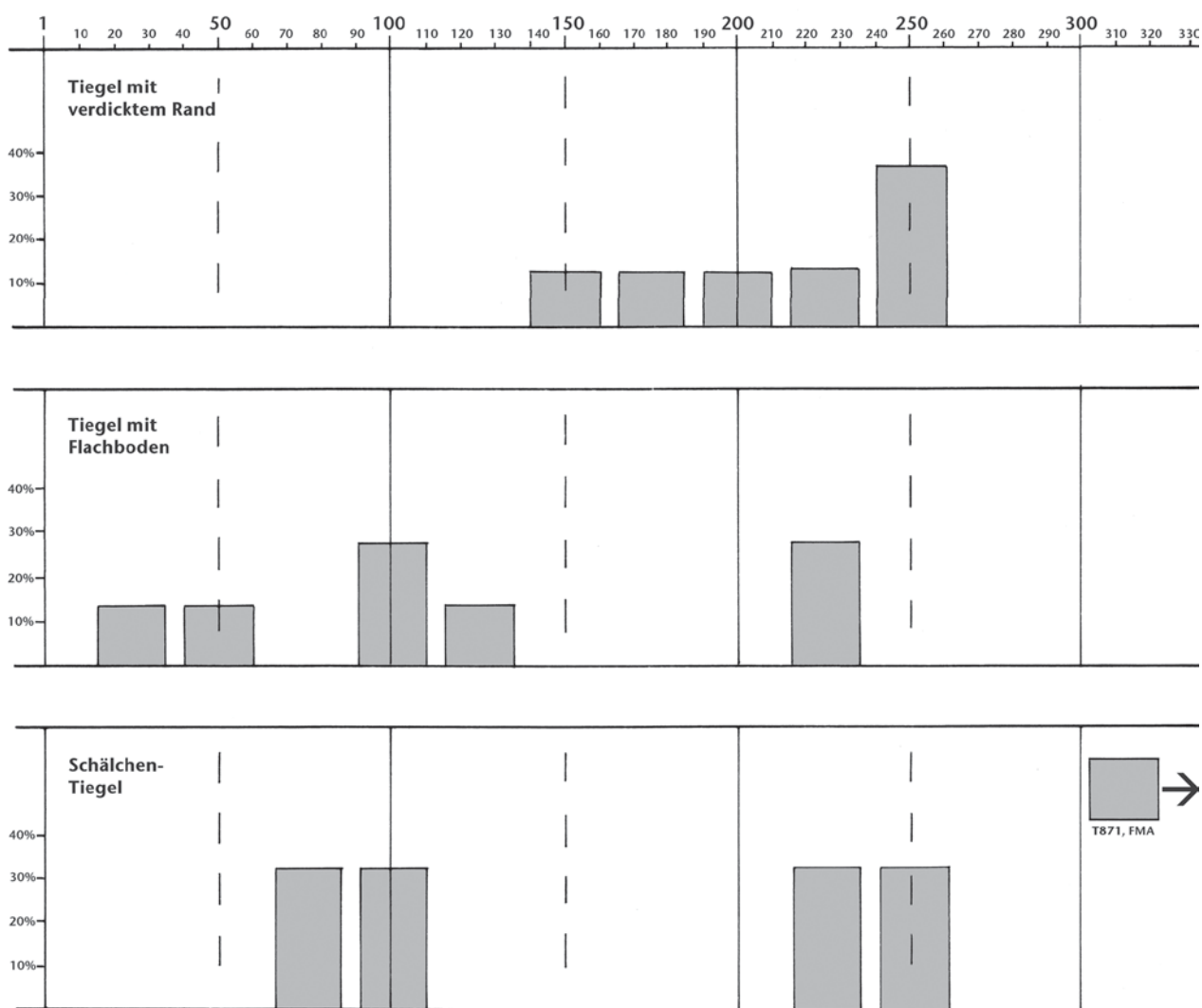


Abb. 37: Augusta Raurica. Datierungsspektren der Fundkomplexe mit selteneren Tiegelsonderformen: Tiegel mit verdicktem Rand (Taf. 25, oben), Tiegel mit Flachboden (Taf. 26) und Schälchentiegel (Taf. 27).

Nur der Vollständigkeit halber im Katalog aufgeführt und auf Tafel 28 vorgestellt werden die zwei flachbodigen *neuzeitlichen* Tiegel aus Graphitton **T873** und **T874** im Museum Augusta Raurica.

Schälchenförmige Tiegel

Die schälchenförmigen Tiegel sind – trotz ihrer Seltenheit – nicht nur formal recht uneinheitlich (s. oben S. 77 f. und Taf. 27), sondern decken fast den gesamten Zeitraum der Besiedlung von Augst und Kaiseraugst ab (Abb. 37, unten).

Das kleine exotische Näpfchen **T865** aus dem Südwestquartier der Oberstadt, dessen Funktion als Tiegel nicht einmal gesichert ist, gehört in die Zeit um 50–120 n. Chr. Die Tiegelrandscherbe **T866** aus Insula 30, die als Schmelzschälchen sekundär verwendet worden ist, war irgendwann um 200 im Einsatz (FK-Datierung: um 150–230). Der dritte «Exot», die dicke, schwere Schale **T871** aus dem *Castrum Rauracense*, ist sogar spätantik-frühmittelalterlich. Das wahrscheinlich nie im Schmelzfeuer ein-

gesetzte Stück ist der einzige spät- oder nachkaiserzeitliche Tiegelbeleg aus Augusta Raurica überhaupt.

Die vier «normalen» Schälchentiegel stammen aus zwei Besiedlungsphasen (Abb. 37, unten): die Stücke **T867** aus Insula 25 und **T869** aus Insula 36 gehören noch ins 1. Jahrhundert (allenfalls bis ins frühe 2. Jh.). Die anderen beiden Exemplare **T868** aus Insula 31 und **T870** aus Insula 35 sind mit Abstand jünger und mit Keramik des 3. Jahrhunderts vergesellschaftet (FK-Datierungen 170–275 resp. 240–280). In beiden Phasen kommt sowohl ein dickwandiges als auch ein dünnwandiges Stück vor.

Chronologie der Tiegeldeckel

Die mehr oder minder flachen Tonscheiben, die wir als Tiegeldeckel interpretieren (Taf. 29), decken die ganze Kaiserzeit ab. Die vier Exemplare aus der Insula 31 stammen aus Kontexten des 2. und 3. Jahrhunderts (**T882** ca. 2. Jh.; **T877** um 125–175; **T878** um 190–250; **T879** ist nicht durch Mitfunde datiert). Aus dem Südostquartier entlang der Ve-

nusstrasse (Insulae 42–51) stammen drei tendenziell frühere Tiegeldeckel. Das Fragment **T875** aus den Insulae 42–52 gehört in die Zeit um 150–170, **T876** aus Insula 50 datiert um 150–210 (nur Münzen-Mitfunde datierbar) und die beiden fast vollständig erhaltenen, dicken Scheiben aus schwarz-mehligem Ton **T880** und **T881** fanden sich zusammen in einem Fundkomplex in Insula 51 mit Keramik des 2. Viertels des 1. Jahrhunderts mit wenigen jüngeren Ausreissern der 1. Hälfte des 2. Jahrhunderts, was sich auch in drei Münzen widerspiegelt.

Viele dieser Tiegeldeckel weisen aufgrund sehr hoher Zinkgehalte auf die Zementation von Messing im «Galmeiverfahren» hin (ausführlich S. 183 ff. und Experiment 7). Solche Prozesse, die Tiegeldeckel erforderten, haben demzufolge an bzw. zu zwei unterschiedlichen Orten und Zeiten stattgefunden:

- ab etwa 25 n. Chr. bis in die Mitte des 2. Jahrhunderts im Süden der Oberstadt entlang der Venusstrasse
- und unabhängig davon in der 200 m nordwestlich davon gelegenen Insula 31 im ganzen 2. bis ins frühe 3. Jahrhundert (Abb. 35, blaue Quadrate).

Der sekundär aus einer Amphorenrandscherbe verwendete Tiegeldeckel (Taf. 30, **T883**) stammt aus einem Fundkomplex des 2./3. Viertels des 1. Jahrhunderts.

Fazit Chronologie

Ein Blick auf die *frühesten Tiegel* überhaupt – aus Fundkomplexen der 1. Hälfte des 1. Jahrhunderts n. Chr. – zeigt, dass das Formen- und Grössenspektrum damals bereits dem Gesamtbild entsprach (dazu die Tiegel **T72**, **T73**, **T272**, **T490**, **T852** sowie mehrere Wandfragmente). Es sind weder technische «Kinderkrankheiten» noch formale Besonderheiten an den Tiegeln der frühesten Giessereien auszumachen.

Wann innerhalb des 1. Jahrhunderts die ersten Bronzeschmelztiegel in Augst zum Einsatz kamen, ist wegen der seltenen und wenig präzisen Fundkomplexdatierungen (FK) schwer auszumachen. Der älteste FK mit dem Tiegelfragment **T439** datiert in die Jahre um 1–30.

Ähnliches gilt für die Tiegelformen aus den *jüngsten* Fundzusammenhängen (dazu u. a. die Tiegel **T274**, **T206** und **T40**). Sie kamen alle in der *Spätzeit der Oberstadt* in den Boden³⁸⁰ und zeigen ebenfalls keine typologischen Besonderheiten.

Aus der Zeit der Befestigung auf Kastelen (letztes Drittel 3. Jh.) und aus dem spätantiken Kastell am Rhein in Kaiseraugst (4. Jh.) kennen wir keine Zeugnisse von Buntmetallwerkstätten vor Ort. Das einst blühende und in mehreren Werkstätten in der Oberstadt betriebene Handwerk war in der Oberstadt verschwunden; die angelegten Altmetalldepots in Insulae 20, 27 und 28 gerieten in Vergessenheit, und «der letzte Guss» erfolgte wohl um 280 in Insula 30. Ein Bedarf an lokaler Produktion von Buntmetallobjekten bestand in der *enceinte réduite* auf Kastelen oder im Unterstadt- und Kastellareal offenbar nicht mehr³⁸¹.

Nachrömische Tiegel finden sich, wie bereits erwähnt, in den Beständen des Museums Augusta Raurica nur gerade drei: der massive Schalentiegel **T871** aus *frühmittelalterlichen* Schichten im *Castrum Rauracense* in Kaiseraugst (Taf. 27) und die beiden *neuzeitlichen* Stücke **T873** und **T874** aus Graphitton aus Altbeständen (Taf. 28). Beide sind, wie mehrere der römischen Tiegel, aus Tongruppe 2, d. h. aus lokalem Material vom Gebiet Kaiseraugst/AG-Zelglihof, hergestellt. Das eine davon (**T873**) besitzt einen leider unlesbaren Bodenstempel und wurde beim Ziegelehofweg in Kaiseraugst, beim Bau der «Wasserleitung westlich vom Dorf», gefunden. Eine historische Giesserei in der Nachbarschaft ist nicht bekannt.

Auswärts vertretene Tiegel und Sonderformen

Wie wir gesehen haben, bildet die Mehrheit der Schmelztiegel aus Augst und Kaiseraugst eine formal recht homogene Gruppe, allerdings mit einem breiten Grössenspektrum. Die folgende Zusammenstellung der für die Römerzeit nachweisbaren Sonderformen zeigt sowohl häufige Typen mit grosser Verbreitung als auch seltene resp. exotische Einzelstücke. Eines der breitesten Formenspektren hat Verulamium / GB geliefert, wo etwa ein Dutzend Typen belegt sind (Beispiele in den folgenden Abbildungen)³⁸².

Einige jüngere und neuzeitliche Tiegelformen, wie z. B. die bis in die Gegenwart geläufigen Tiegel mit *dreieckiger* Mündung³⁸³, werden hier nicht berücksichtigt. Auch auf die «*Giesslöffel*» aus Eisen, die vor allem für Blei und Zinn bis heute Verwendung finden und selten im archäologischen Fundgut anzutreffen sind, gehe ich hier nicht ein. Ob mit Eisenbändern verstärkte Tiegel, wie sie aus dem östlichen Mittelmeerraum bekannt sind, oder gar massive Eisentiegel bei uns in römischer Zeit Verwendung fanden, möchte ich bezweifeln³⁸⁴.

Tiegelformen, die in Augusta Raurica bis heute nicht gefunden wurden, sind:

380 So endete die langjährige Giessereitätigkeit in der Insula 30 erst im 3. Viertel des 3. Jahrhunderts (Furger 1998A, 134).

381 Anders z. B. das Gewerbe der Beinschnitzereien, das auch für das 4. Jahrhundert in der Region des *Castrum Rauracense* anzunehmen ist (Deschler-Erb 1998, 281; Frosdick 2008).

382 Frere 1972, Abb. 141 Taf. 52, a.

383 Siehe deren frühzeitiges Auftreten im angelsächsischen York/GB (Bayley 1992, Abb. 323, sf8942) oder in der mittelalterlichen Wurtensiedlung von Misselwarden/D, Feddersen Wierde (Schuster 1998, 232 Abb. 18, 1).

384 Postuliert generell und insbesondere für Avenches/VD von Cook 2008, 75 und 77. – Zu den mediterranen Tiegeln mit Eisenarmierung Völling/Zimmer 1995.

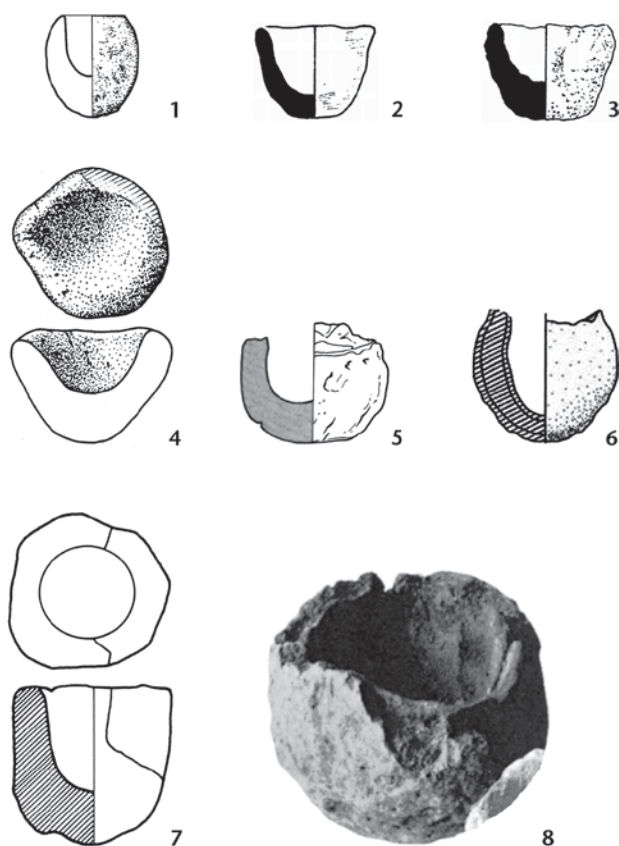


Abb. 38: Dickwandige Miniaturtiegel. 1: Ellingen / D, Kastell; 2 und 3: Verulamium / GB; 4: Warburg / D; 5: Heldenbergen / D; 6: Javols / F-Anderitum; 7: Conimbriga / P; 8: Straubing / D. M. 1:2.

Dickwandige Miniaturtiegel

Diese Gruppe geht bezüglich Grösse, Form und Wanddicke kontinuierlich in einen Teil der kleineren Schälchentiegel über (Abb. 26), die auch in Augusta Raurica vertreten sind (Taf. 27, **T867–T870**). Leider sind die auswärtigen Beispiele bisher kaum analysiert, so dass über die sicher spezielle Funktion dieser dickwandigen kleinen Spezialtiegel noch kaum etwas bekannt ist (zu den archäometrischen Befunden an den Stücken aus Augusta Raurica unten S. 166 ff.).

Aus Conimbriga / P ist ein nur 4 cm hoher Tiegel mit steilem, dicken Rand und halbkugeligem Boden bekannt (Abb. 38,7)³⁸⁵. Während der Aussendurchmesser ca. 4 cm ausmacht, ist der Tiegel wegen seiner Dickwandigkeit innen nur 2,3 cm weit. Er wurde innen und aussen sogar spektralanalytisch untersucht³⁸⁶. Demzufolge wurde darin Messing erschmolzen.

Weitere dickwandige Miniaturtiegel (Auswahl): Heldenbergen / D (Abb. 38,5)³⁸⁷; Straubing / D (Abb. 38,8)³⁸⁸; Ellingen / D, Kastell (Abb. 38,1)³⁸⁹; Javols / F-Anderitum (Abb. 38,6)³⁹⁰; Verulamium / GB (Abb. 38,2,3)³⁹¹; Wroxeter / GB (nicht abgebildet)³⁹² sowie Warburg / D (Freies Germanien; Abb. 38,4)³⁹³.

Rundbodige bis kugelförmige Tiegel

Die fast kugelförmigen Tiegel sind meist relativ dickwandig und könnten handgemacht sein, auch wenn dies aus den Publikationen meist nicht hervorgeht (Abb. 39). Ihre Zahl ist zu klein, um Rückschlüsse auf eine spezielle Verwendung ziehen zu können. Kugelförmige Tiegel stellen jedoch keine regionale Spezialität dar, denn sie finden sich in fast allen Nord- und Nordwestprovinzen. Zum kugelförmigen Gusstiegel mit grossem seitlichem Loch aus Xanten / D, Insula 39, siehe unten mit Abbildung 44,17.

Ein kugelförmiges Tiegelchen von ca. 5 cm Durchmesser wurde im Steinkastell von Hofheim / D gefunden (Abb. 39,2)³⁹⁴. Es stammt aus einem Werkstattthorizont («Arbeitsbühne») bei Haus 1. Der Tiegel war eindeutig einer Feuereinwirkung ausgesetzt und aussen mit einer «emailähnlichen Glasur» überzogen.

Eine kursorische archäometrische Untersuchung (halbquantitative Spektralanalyse, Ätzung) von kleinen abgeschabten Proben der Aussen- und der Innenseite ergab: «Ein wesentlicher Unterschied zwischen Aussen- und Innenseite besteht darin, dass in der Innenseite des Tiegels die zehnfache Menge Zink und die achtfache Menge Blei im Vergleich zur Aussenhaut und in der Aussenhaut wiederum die fünffache Menge Silber und die doppelte Menge Chrom im Vergleich zur Innenseite vorhanden ist. Der spektralanalytische Befund kann nicht verallgemeinert werden, da es sich nur um eine örtliche Probenahme handelt.» Und weiter wird festgehalten: «Über der äusseren, lehmigen Schicht befindet sich teilweise eine emailähnliche Glasur, die auch im Mikrobild den Emailcharakter erkennen lässt. ... Aus den Schliffproben lässt sich kein Rückschluss auf die im Tiegel erschmolzenen Materialien ziehen.»³⁹⁵

Ein etwas grösserer kugelförmiger Tiegel von 8,2 cm Höhe (Abb. 39,8) kam in der *fabrica* des Kastells Rheingönheim / D – zusammen mit zwei anderen Stücken (Abb. 19,12; 41,6) – zum Vorschein.

Er besteht «aus weissgrauem Ton (feuerfester Ton?)» und weist aussen keine verschlackte Verschleisschicht auf (Abb. 39,8). Er ist «infolge Hitzeinwirkung so mürr ..., dass er beim Anfassen abbröckelt. Vom Rand her haben sich ebenfalls unter Temperatureinwirkung Sprünge gebildet. Innen finden sich kräftig oxidierte Bronzerückstände. Die Aussenwand zeigt stellenweise einen schwachen glasurartigen Überzug»³⁹⁶.

385 Alarcão u. a. 1979, Taf. 4,54.

386 Cabral u. a. 1984, 165 f. Abb. 1,b (= hier Abb. 38,7); 8; 9.

387 Cysz 2003, Taf. 38,B656 (= hier Abb. 38,5).

388 Walke 1965, Taf. 129,7 (= hier Abb. 38,8).

389 Zanier 1992, 289, Taf. 101,L8 (= hier Abb. 38,1; «noch nicht verwendet»).

390 Rabeisen u. a. 2010, 346 Abb. 8,50 (= hier Abb. 38,6).

391 Frere 1972, Abb. 141,12.13 (= hier Abb. 38,2,3).

392 Bushe-Fox 1913, 10 Abb. 2, 2. v. rechts (Tiegelhöhe ca. 32 mm).

393 Günther 1990, 56; 58 Abb. 59,6.8 (59,8 = hier Abb. 39,4).

394 Schoppa 1961, 18 f. Abb. 5 (= hier Abb. 39,2).

395 Schoppa 1961, 19.

396 Ulbert 1969, 57 Taf. 61,8 (= hier Abb. 39,8).

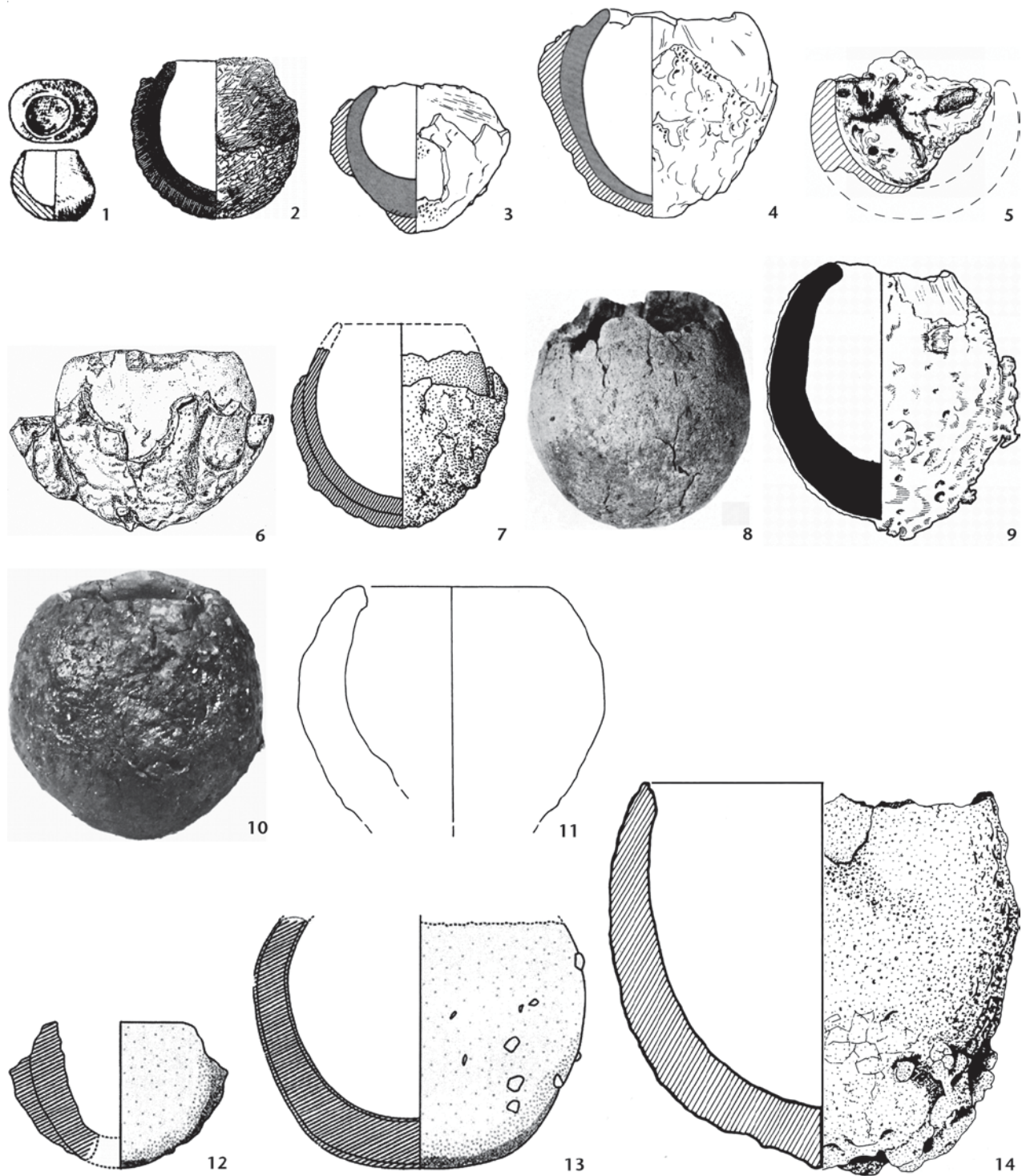


Abb. 39: Rundbodige bis kugelförmige Tiegel. 1: Moigrad-Jas / RO-Porolissum; 2: Hofheim / D, Steinkastell; 3 und 4: Heldenbergen / D; 5: Geismar / D; 6: Wahlheim / D; 7: Bordeaux / F-Les Grands-Hommes; 8: Rheingönheim / D; 9 und 10: Verulamium / GB; 11: Ladenburg / D, Kellerei; 12 und 13: Javols / F-Anderitum; 14: Mont Beuvray / F-Bibracte. M. 1:2.

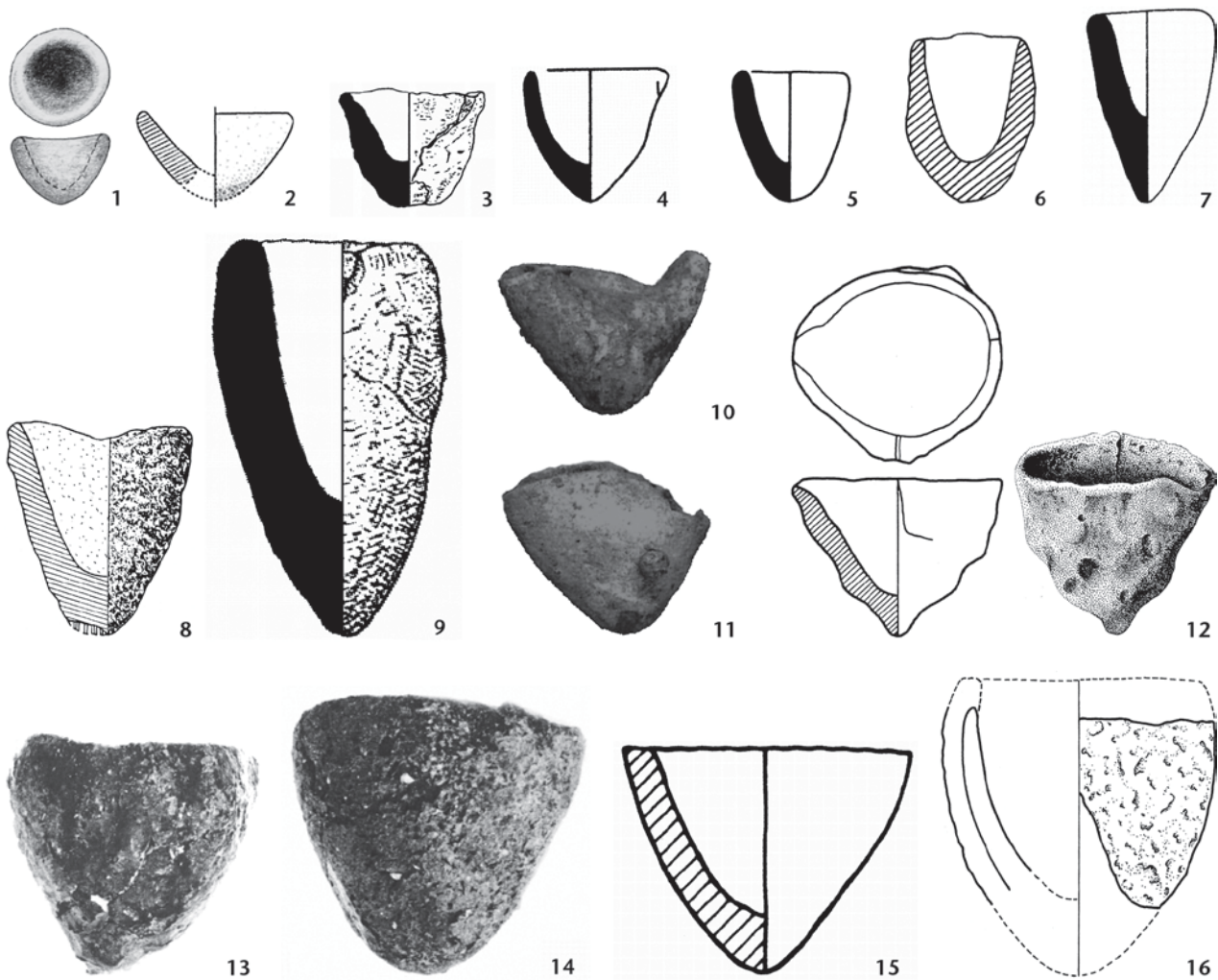


Abb. 40: Trichterförmige Tiegel. 1: Ilişua / RO; 2: Javols / F; 3: Verulamium / GB; 4: Vence / F-L'Ereste; 5: Thetford / GB; 6: Timisoara-Tibiscum / RO, Metallwerkstatt II; 7: Magdalensberg / A; 8: Sboryanovo / BG; 9: Göritz-Tornow / D-Lüttjenberg (germanisch); 10 und 11: Portmahomack / GB (frühmittelalterlich); 12: Conimbriga / P; 13 und 14: Korinth / GR-Forum (byzantinisch); 15: Great Casterton / GB; 16: Ellingen / D. M. 1:2.

Mindestens zwei kugelförmige Tiegel stammen aus dem *fabrica*-Bereich des Kastells Zurzach / AG. Sie sind ca. 6,5 cm hoch, «grau gebrannt, aussen glasig verschlackt (ein Stück mit anhaftenden Bronzetröpfen)». Weitere Tiegel sind keiner Form oder Grösse zuweisbar. Die Gruben 216a, 216c und 217 lieferten weitere Belege zur Bronzeverarbeitung³⁹⁷.

Weitere rundbodige bis kugelförmige Tiegel (Auswahl): Cham/ZH-Hagendorn (nicht abgebildet)³⁹⁸; Wahlheim / D (Abb. 39,6)³⁹⁹; Heldenbergen / D (Abb. 39,3.4)⁴⁰⁰; Ladenburg / D, Kellerei (Abb. 39,11)⁴⁰¹; Eisenberg / D (nicht abgebildet)⁴⁰²; Mont Beuvray / F-Bibracte (Abb. 39,14)⁴⁰³; Javols / F-Anderitum (Abb. 39,12.13)⁴⁰⁴; Bordeaux / F-Les Grands-Hommes (Abb. 39,7)⁴⁰⁵; Verulamium / GB (Abb. 39,9.10)⁴⁰⁶; Moigrad-Jas / RO-Porolissum (Abb. 39,1)⁴⁰⁷ und Geismar / D (Freies Germanien; Abb. 39,5)⁴⁰⁸.

Trichterförmige Tiegel

Ob die meist sehr kleinen trichterförmigen Tiegel (Abb. 40) eine funktionale Gemeinsamkeit haben, ist wegen der wenigen Belege und seltenen archäometrischen Untersu-

397 Hänggi u. a. 1994, 173 ff. Abb. 125 Taf. 51, 216.26; 51, 216.27 (hier nicht abgebildet).

398 E. Deschler-Erb, in Schucany / Winet 2014, 276–312 bes. 294 Abb. 322, B49 (H. Tiegel 8,5 cm, dicke Wandung und dünner Boden, mit dickem *Lutum*).

399 Hauptmann / Weisgerber 2004, Abb. 2, rechts (= hier Abb. 39,6).

400 Czysz 2003, Taf. 38, B657–B662 (= hier Abb. 39,3.4).

401 Schmidts 2004, Taf. 36, G97 (= hier Abb. 39,11).

402 Bernhard 2008, 222 Abb. 273 (H. 55 mm; Foto).

403 Almagro-Gorbea u. a. 1991, Abb. 6, oben (= hier Abb. 39,14).

404 Rabeisen u. a. 2010, 346 Abb. 8, 28.4 (= hier Abb. 39,12.13) (Tab. 2, Kat.-Nr. 28: 220 ml Inhalt).

405 Feugère 1997A, Abb. 132 Abb. 13, 122 (= hier Abb. 39,7).

406 Frère 1972, Abb. 141, 1 (= hier Abb. 39,9) und Taf. 52, b (= hier Abb. 39,10).

407 Gudea 1989, 509 Taf. 105, 7 (= hier Abb. 39,1).

408 Roth 1980, 796 Abb. 1, 3 (= hier Abb. 39,5).

chungen nicht auszumachen. Wie bei den kugelförmigen Stücken (Abb. 39) ist auch hier zu vermuten, dass viele Stücke handgeformt sind. Es fällt auf, dass diese Tiegelform in England und in Südosteuropa jeweils mehrfach belegt ist, in Germanien und Gallien anscheinend seltener auftritt.

Aus Conimbriga/P ist auch ein trichterförmiger kleiner Tiegel mit V-förmigem Querschnitt bekannt (Abb. 40, 12). Er weist eine «sehr unregelmässige» Wandung auf und ist wohl handgeformt.

Aussen zeigt er «une sorte de glaçure multicolore avec prédominance de rouge et de vert»⁴⁰⁹. Auch er wurde chemisch analysiert⁴¹⁰. Sowohl auf der Aussen- als auch Innenseite konnten qualitativ Kupfer, Zink, Zinn und Blei nachgewiesen werden.

Weitere trichterförmige Tiegel (Auswahl): Ellingen/D (Abb. 40,16)⁴¹¹; Salzburg/A-Iuvanum, Kaigasse 34 (nicht abgebildet)⁴¹²; Magdalensberg/A (Abb. 40,7)⁴¹³; Javols/F (Abb. 40,2)⁴¹⁴; Vence/F-L'Erethe (Abb. 40,4)⁴¹⁵; Verulamium/GB (Abb. 40,3)⁴¹⁶; Great Casterton/GB (Abb. 40, 15)⁴¹⁷; Thetford/GB (Abb. 40,5)⁴¹⁸; Heronbridge/GB (nicht abgebildet)⁴¹⁹; Sboryanovo/BG (Abb. 40,8)⁴²⁰; Ilişua/RO (Abb. 40,1)⁴²¹; Timisoara-Tibiscum/RO, Metallwerkstatt II (Abb. 40,6)⁴²²; Göritz-Tornow/D-Lütjenberg (germanisch, 3./4.Jh.; Abb. 40,9)⁴²³; Portmahomack/GB (frühmittelalterlich; Abb. 40,10,11)⁴²⁴; Korinth/GR-Forum (byzantinisch; Abb. 40,13,14)⁴²⁵.

Steilwandige Tiegel verschiedener Grössen

Steilwandige Tiegel haben meist einen beutelförmigen Rundboden. Ihre Wandungen erlauben eine Untergliederung in zwei Untergruppen: Die einen münden beinahe vertikal in einen senkrechten wulstlosen Rand (Abb. 41,1–12), die anderen verjüngen sich konisch nach oben (Abb. 41,13–24). Letztere unterscheiden sich von unserem eiförmigen «Normaltyp» (Taf. 1–24; Abb. 18–20) durch andere Randbildung und die Beutelform mit tief liegendem grössten Durchmesser.

Auch diese Tiegelgruppe ist nicht sehr homogen, zum Beispiel was die Wanddicken und Randbildungen betrifft. Nebst der scheibengedrehten Mehrheit kommen auch handgemachte Stücke dieser Form vor (Falvia Solva/A [Abb. 41,10] und vermutlich auch Bathmen/NL [Abb. 41,8] und Regensburg/D-Kumpfmühl [Abb. 41,22]).

Aus einem Brandgrab der römischen Nekropole südlich des mittelalterlichen Xanten/D stammt ein Tiegel, der nicht allein wegen seiner Herkunft aus einem Grab, sondern wegen seiner Form und seinen metallurgischen Spuren hervorzuheben ist (Abb. 41,12)⁴²⁶. Die beiden erhaltenen Randfragmente zeigen eine fast gerade und senkrechte Tiegelwand, die oben flach abgestrichen und aussen eine vage Rille unter dem Rand aufweist. Der Randedurchmesser beträgt 8,4 cm.

Der Ton ist stark mit Quarzkörnern gemagert und nach der Brandeinwirkung heute sehr dunkelgrau (Beschreibung und Charakterisierung oben bei Anm. 101). Auf der Innenseite haften Schlackenreste, die Aussenseite weist eine zusätzliche Ummantelung aus einem groben Ton auf (Beschreibung und Charakterisierung oben bei Anm. 124). Die archäometrische Untersuchung durch Thilo Rehren ergab, dass die weissen Korrosionsreste, die auf einer dünnen, glasigen Schlacke im Innern zu beobachten waren, in der Röntgenfluoreszenzanalyse «beinahe nur Zinn» enthielten. Zudem befanden auch auf der Innenseite «zahlreiche kleine hellgraue bis weisse Metalltröpfchen, die aus einer extrem zinnreichen Legierung bestehen. Diese Tröpfchen mit etwa zwei Drittel Zinn und einem Drittel Kupfer sowie wechselnden Anteilen an Blei ... [können] nur so interpretiert werden, dass ... hier mehr oder weniger reines Zinn geschmolzen» wurde. Ob die Tatsache, dass in diesem Xantener Tiegel Zinn geschmolzen wurde, mit seiner steilwandigen, offenen Form in einem Zusammenhang steht, ist nicht klar. Die zweite, aussen aufgetragene Verschleisschicht aus rasch verschlackendem Ton (*Lutum*) kennen wir von unzähligen Bronzetiegeln; sie wäre für die viel niedrigere Schmelztemperatur von Zinn (232°C) gar nicht nötig gewesen.

Weitere steilwandige Tiegel verschiedener Grössen (Auswahl): Rheingönheim/D (Abb. 41,6)⁴²⁷; Walheim/D, Kastell II, Grossgrube 3399 (Auswahl Abb. 41,7)⁴²⁸; Heldenbergen/D (Abb. 41,19)⁴²⁹; Wiesbaden/D, Kastell (Abb. 41,15)⁴³⁰; Ladenburg/D, Kellerei (Abb. 41,17)⁴³¹; Regensburg/D-Kumpfmühl (Abb. 41,22)⁴³²; Falvia Solva/A (Abb. 41,10)⁴³³; Strassburg/F (Abb. 41,14)⁴³⁴; MontBevray/F

409 Alarcão u. a. 1979, 28 f. Taf. 4,53 (= hier Abb. Abb. 40,12 rechts).

410 Cabral u. a. 1984, Abb. 1,a (= hier Abb. 40,12 links).

411 Zanier 1992, 289, Taf. 101,L1 (= hier Abb. 40,16).

412 Knauseder 2010, 190 Abb. 7 (1. Jh. n. Chr., 34 mm hoch; «nach den Gussrückständen im Inneren vermutlich zum Schmelzen von Gold verwendet»).

413 Dolenz 2004, 147 Taf. 2,11 (= hier Abb. 40,7).

414 Rabeisen u. a. 2010, 345 Abb. 8,114 (= hier Abb. 40,2) Tab. 1.

415 Pellegrino 2001, 134 Abb. 1,1; Nin/Picon 2003, 471 Abb. 7,61 (= hier Abb. 40,4).

416 Frere 1972, Abb. 141,14 (= hier Abb. 40,3).

417 Tylecote 1986, Abb. 50,5 (= hier Abb. 40,15).

418 Bayley 1984A, Abb. 175,341 (= hier Abb. 40,5).

419 Tylecote 1986, Abb. 50,7.

420 Stoyanov/Mihaylova 1996, 73 drawing 2,4 (= hier Abb. 40,8).

421 Gaiu 2011, Taf. 2,3 (= hier Abb. 40,1).

422 Benea/Petrovsky 1987, 230 f. Abb. 4,6 (= hier Abb. 40,6). Der Innenraum dieses Tiegels ist trichterförmig; die Aussenkontur wohl durch die Schlackenschicht verrundet.

423 Krabath 2006, 409 Abb. 28 (= hier Abb. 40,9).

424 Spall 2006, 44 Abb. 4 (= hier Abb. 40,10,11).

425 Mattusch 1977, 386 f. Taf. 103,a (= hier Abb. 40,13,14).

426 Bridger/Rehren 2003, Abb. 83 (= hier Abb. 41,12).

427 Ulbert 1969, Taf. 61,9 (= hier Abb. 41,6).

428 Kortüm/Lauber 2004, Textband 233 Abb. 120; Katalogband 279 Taf. 219,265–267.273 (Taf. 210,267 = hier Abb. 41,7).

429 Czysz 2003, Taf. 38,B663 (= hier Abb. 41,19).

430 Reuter 1871, Taf. 7,8; Ritterling 1909, 34 f.; 121 f. Abb. 18,7 (= hier Abb. 41,15).

431 Schmidts 2004, Taf. 35,G87 (= hier Abb. 41,17).

432 Faber 1994, 382 Abb. 63,25 (= hier Abb. 41,22).

433 Gschwantler/Winter 1991, 112 f. Abb. (Kat.-Nr.) 1 (handgemachtes Expl.) = hier Abb. 41,10).

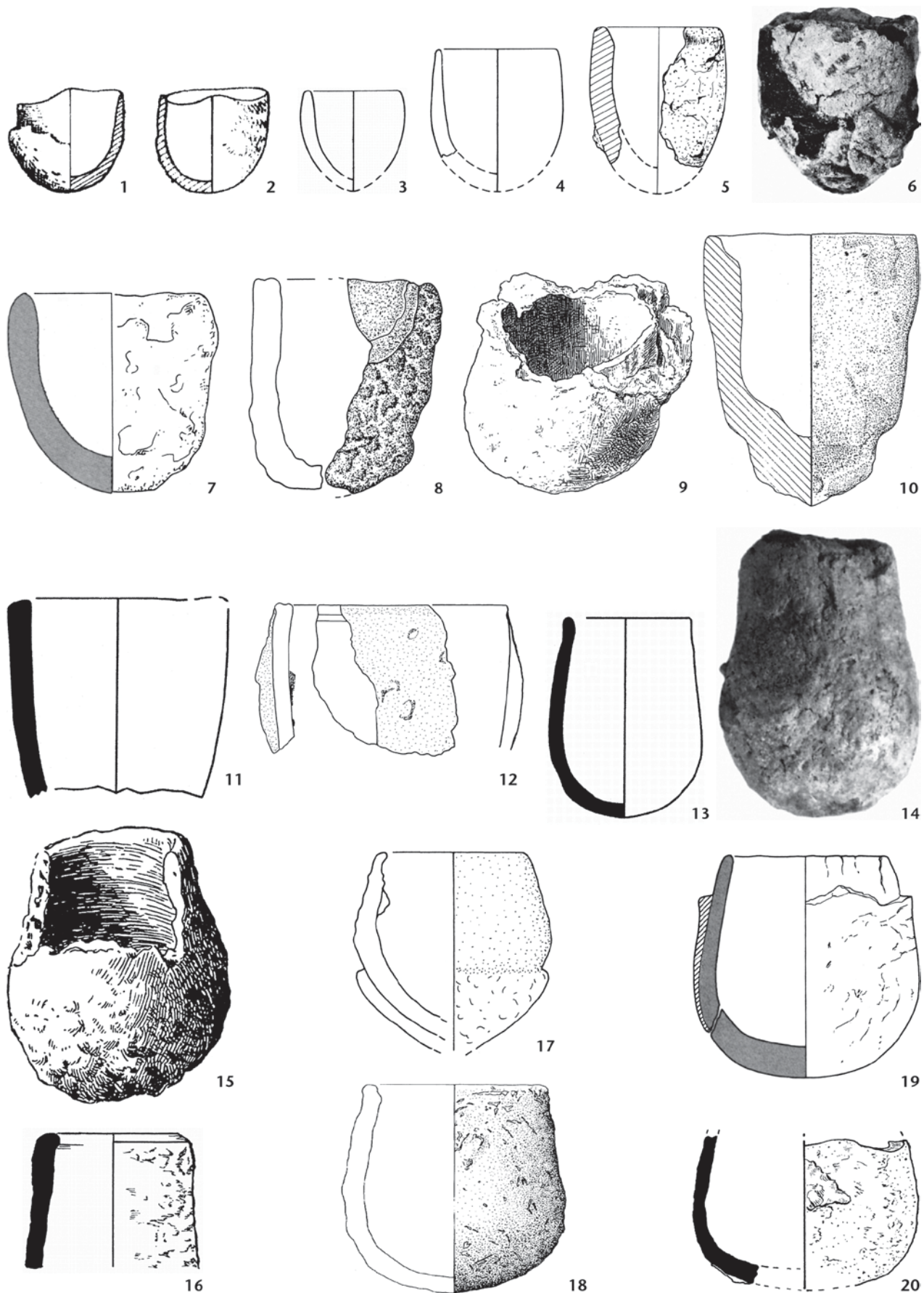


Abb. 41: Steilwandige Tiegel verschiedener Größen. 1 und 2: Moigrad-Jas / RO-Porolissum; 3 und 4: Altendorf / D (germanisch); 5: Geismar / D (germanisch); 6: Rheingönheim / D; 7: Walheim / D, Kastell II; 8: Bathmen / NL (germanisch, 4. / 5. Jh.); 9: Mont Bevray / F; 10: Falvia Solva / A; 11: Gardanne / F (5. Jh.); 12: Xanten / D (Grabfund); 13 und 18: Autun / F-Augustodunum; 14: Strassburg / F; 15: Wiesbaden / D, Kastell; 16 und 20: Verulamium / GB; 17: Ladenburg / D; 19: Heldenbergen / D. M. 1:2 (13 ohne M.).

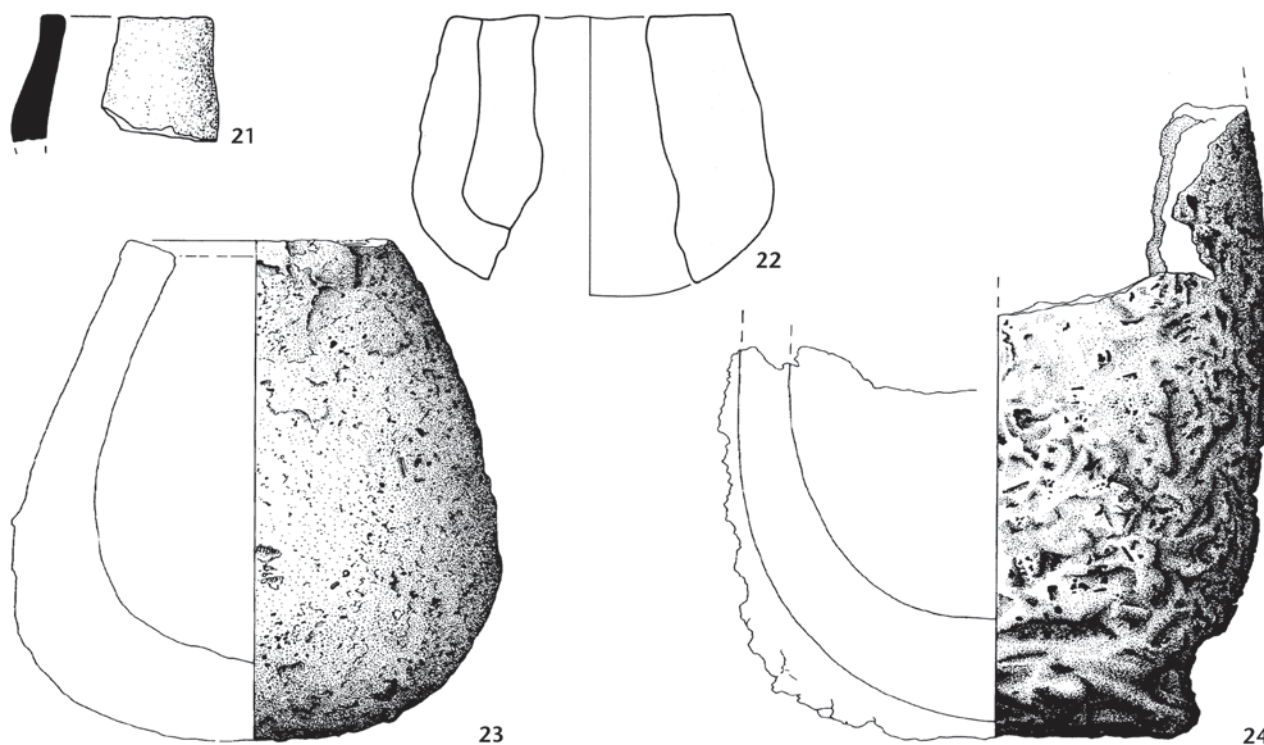


Abb. 41, Fortsetzung: Steilwandige Tiegel verschiedener Grössen. 21: Roanne / F; 22: Regensburg / D-Kumpfmühl; 23.24: Autun / F-Augustodunum. M. 1:2.

(Abb. 41,9)⁴³⁵; Autun / F-Augustodunum (Abb. 41,13.18.23.24)⁴³⁶; Roanne / F (Abb. 41,21)⁴³⁷; Gardanne / F, 5. Jh. (Abb. 41,11)⁴³⁸; Verulamium / GB (Abb. 41,16.20)⁴³⁹; Moigrad-Jas / RO-Porolissum (Abb. 41,1.2)⁴⁴⁰; Geismar / D (Freies Germanien; Abb. 41,5)⁴⁴¹; Altendorf / D (Freies Germanien; Abb. 41,3.4)⁴⁴² sowie Bathmen / NL (Freies Germanien; 4. / 5. Jh.; Abb. 41,8)⁴⁴³.

Tiegel mit dreieckiger Mündung

Tiegel – meist kleineren Dimensionen – mit dreieckiger Mündung erscheinen schon einiges früher als die typischen und industriell vom Spätmittelalter bis heute erzeugten «Hessischen» Tiegel. Ihr Auftreten scheint sich auf bestimmte Epochen (z. B. Frühmittelalter) resp. einige Regionen (z. B. Nordische Bronzezeit, Eisenzeit in Grossbritannien) zu konzentrieren. Dass es wie immer Ausnahmen zu dieser Beobachtung gibt, mag auch am Forschungs- und Publikationsstand liegen. Das erste Auftreten «dreieckiger» Tiegel liegt etwas im Unklaren, denn manche Beispiele sind nicht datiert. Nach Stefan Krabath treten «seit der Römischen Kaiserzeit ... im Norden erstmals Tiegel mit dreieckiger Mündung auf»⁴⁴⁴. Bei der Beurteilung der regionalen und chronologischen Entwicklung dieser Tiegelform ist auch die Ausgestaltung des *Tiegelbodens* zu beachten, der sowohl rund als auch flach sein kann!

Tiegel mit dreieckigem Umriss treten jedoch erstmals in grosser Zahl bereits in der Eisenzeit Grossbritanniens auf. Sie sind anfänglich, d. h. im 1. Jahrhundert v. Chr., sehr flach (Abb. 42,1–4) und werden im 1. Jahrhundert n. Chr.

tiefer (Abb. 42,5–7). Verschlackungsspuren lassen vermuten, dass mindestens die flachen Exemplare von oben befeuert wurden⁴⁴⁵.

Aus römischer Zeit sind keine sicheren Belege von Tiegeln mit dreieckiger Mündung bekannt (fraglich die flachbodigen Stücke Abb. 42,11.12). In der späten Kaiserzeit und im frühen Mittelalter Nordeuropas treten vereinzelt immer wieder entsprechende Stücke auf, allerdings von unterschiedlicher Bodenform und Gefässtiefe (Abb. 42,8–10).

Erst im späten Mittelalter kommen die typischen tiefen Dreiecktiegel auf, die – in helltoniger Ausführung – vor

434 Schitzler 1996, 164 Kat.-Nr. 130 (mit Abb. = hier Abb. 41,14).

435 Déchelette 1914, Abb. 713 (= hier Abb. 41,9).

436 Chardon-Picault / Pernot 1999, 176 f. Abb. 145, 2460–2464 (Proportionen korrigiert nach Daniela König; = hier Abb. 41,18.23.24); Nin / Picon 2003, 471 Abb. 7,64 (= hier Abb. 41,13); Chardon-Picault 2007, 40 Abb. 27, rechts (H. 121 mm, hier nicht abgebildet).

437 Feugère 1997B, 65, Taf. 8, 728 (= hier Abb. 41,21).

438 Peletier u. a. 1991, 331 Abb. 65; Nin / Picon 2003, Abb. 7,52–59 (Abb. 7,59 = hier Abb. 41,11).

439 Frere 1972, Abb. 141,4.5.7 (Abb. 141,7 = hier Abb. 41,16; Abb. 141,4 = hier Abb. 41,20).

440 Gudea 1989, 509 Taf. 105,9.10 (= hier Abb. 41,1.2).

441 Roth 1980, 796 Abb. 1,1 (= hier Abb. 41,5).

442 Roth 1980, 800 Abb. 5,5.8 (= hier Abb. 41,3.4).

443 Groenwoudt / Erdreich 1997, Abb. 6, unten rechts (= hier Abb. 41,8).

444 Krabath 2006, 409. – Mit grosser Wahrscheinlichkeit treten erste flache, dickwandige Tiegel mit dreieckiger Mündung in der Nordischen Bronzezeit auf, sind dort aber sehr selten (Jantzen 2008, 192 Taf. 56, 242.243 [Befuerung von oben]).

445 Bayley 1989, 293 f.

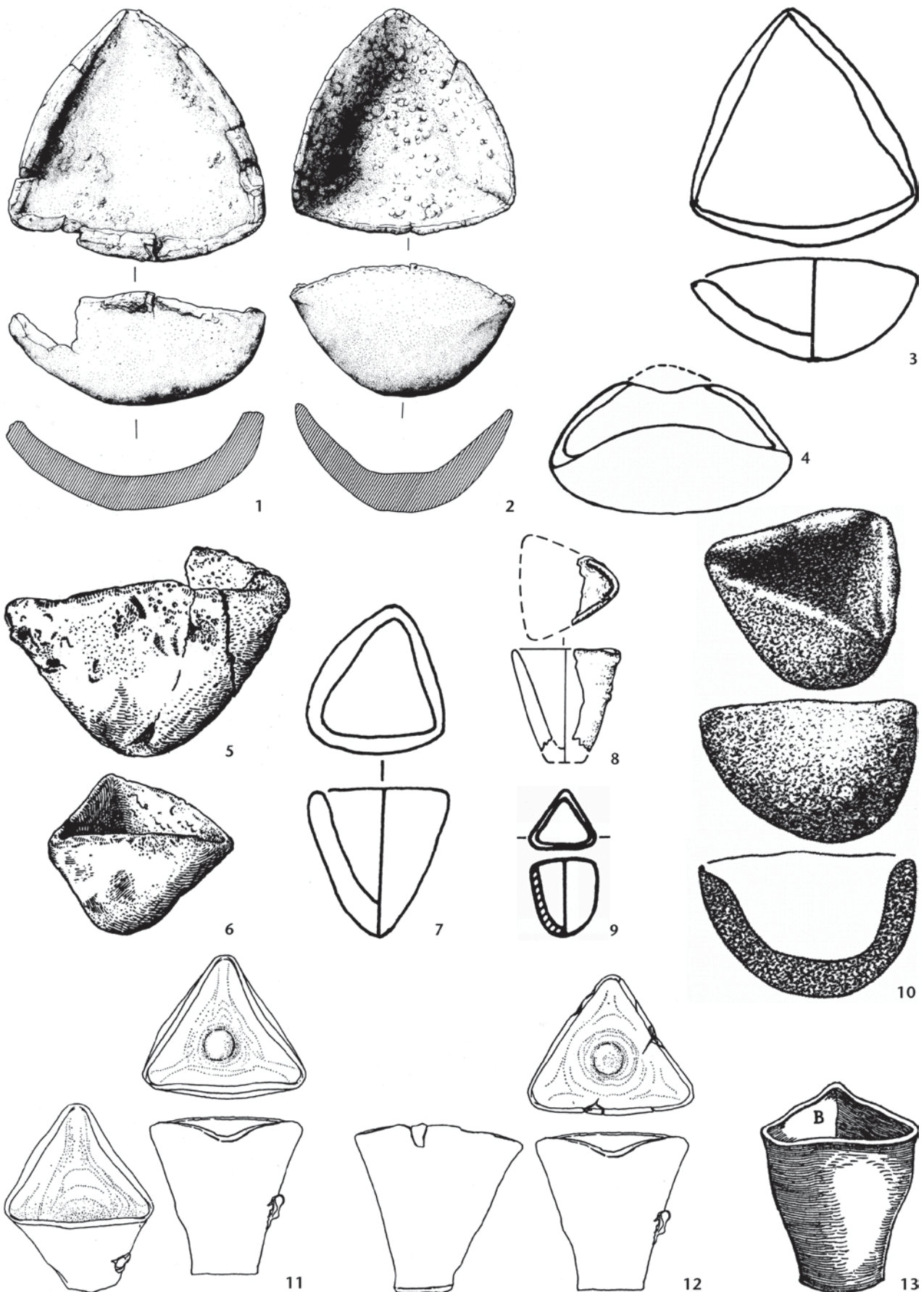


Abb. 42: Tiegel mit dreieckiger Mündung (verschiedene Epochen). 1 und 2: Gussage All Saints / GB (2. / 1. Jh. v. Chr.); 3: Glastonbury / GB (?; britische Eisenzeit, 1. Jh. v. Chr.); 4: Glastonbury / GB (um 100 v. Chr. bis 50 n. Chr.); 5 und 6: Meare / GB (vorrömische Eisenzeit, 1. Jh. n. Chr.); 7: England (FO nicht genannt, 1. Jh. n. Chr.); 8: Altendorf / D (germanisch, späte röm. Kaiserzeit); 9: Aghalaghan / IRL (Frühmittelalter); 10: Misselwarden / D, Misselwarden / D, Feddersen Wierde (2.-5. Jh.); 11 und 12: Scalea / I (römisch oder jünger?); 13: ohne Fundort (1557). M. 1:2 (13 ohne M.).

allem in Hessen (Grossalmerode/D) in grosser Zahl produziert und schon früh bis nach Nordamerika exportiert worden sind⁴⁴⁶. Diese «Hessischen Tiegel» sind alle steilwandig und flachbodig (Abb. 42,13). Der grosse Bestand aus dem 16. Jahrhundert aus dem Alchimistenlabor von Oberstockstall/A zeigt anschaulich, wie Tiegel mit dreieckiger Mündung absolut dominieren, aber in den unterschiedlichsten Grössen geliefert wurden (1,6 bis 18,5 cm hoch). Die dort gefundenen Tiegel stammen nicht alle aus Hessen, denn sie sind mit Graphit gemagert und von grauer bis dunkelbrauner Farbe. Dies weist eher auf das zweitwichtigste Produktionsgebiet für Schmelztiegel in jener Zeit, die Gegend von Passau/Kropfmühl in Bayern⁴⁴⁷. Kleinere Exemplare der Hessischen Dreieckstiegel werden übrigens bis heute produziert.

Tiegel mit Ausguss am Rand

Tiegel mit Ausguss waren in römischer Zeit «äusserst» selten⁴⁴⁸. Schnabelförmige, aus dem Rand sich öffnende Formen kommen sowohl bei den becher- (Abb. 43,1–6) als auch bei den schälchenförmigen Tiegeln (Abb. 43,7–15) vor. Es scheint, dass man vor allem in den Nordostprovinzen die Tiegel mit einem Ausguss versehen hat (s. unten, «Weitere Tiegel mit Ausguss»).

Ein gut erhaltener Tiegel aus Xanten/D mit einem Ausguss (hier nicht abgebildet, ähnlich Abb. 43,5) liess die Vermutung aufkommen, «dass man zur grösseren Effektivität des Verfahrens [der Edelmetallrückgewinnung durch Kupellation] die im Tiegel aufgetriebene Schlacke hin und wieder abgegossen hat»⁴⁴⁹.

Zwei Tiegel aus Gleisdorf/A⁴⁵⁰, 10,2 und 11,5 cm hoch, haben – wie das erwähnte Stück aus Xanten – die vorherrschende länglich-eiförmige Form (Abb. 43,5), das wohl ungebrauchte, nicht lutierte Stück sogar einen kleinen Flachboden (Abb. 24,5). Das gebrauchte Stück (Abb. 43,5) ist ebenfalls archäometrisch untersucht worden:

Erkennbare Metallreste wurden zusammen mit am Tiegel anhaftenden Schlackenresten entfernt und nasschemisch untersucht. Der untersuchte Materialmix ergab 19,3% Cu, 3,5% Sn, 12,6% Pb, 0,28% Zn, 1,68% Fe sowie Spuren weiterer Metalle. Es muss deshalb «normale» Bleibronze im Tiegel aufgeschmolzen worden sein; sein Ausguss steht demzufolge in keinem Zusammenhang mit Edelmetall oder einer Speziallegierung.

Anton Maier vom Institut für Gesteinshüttenkunde und feuerfeste Baustoffe der Montanuniversität Leoben/A hat auch die Tiegelkeramik untersucht: «Nach der ... vorgenommenen metallographischen Beurteilung ist der Gusstiegel aus Klebsandmaterial gefertigt. Klebsande, wie sie im gegebenen Fall verwendet wurden, sind in Österreich vor allem in Ober- und Niederösterreich zu finden. Es sind dies feinkörnige Quarzsande mit Feldspatanteilen von 15 Masse-%. Kennzeichnend für diese Klebsande ist ein Tongehalt von 20 Masse-% und mehr. Im Zuge der Temperaturbeanspruchung durch den schmelztechnischen Vorgang wurde das Tiegelmateriale infolge des Feldspat- und Tongehaltes stark verglast. In das Tiegelmateriale sind sowohl kupferhaltige Schlackenschmelzen eingedrungen als auch erhebliche Mengen an Metallschmelze.»⁴⁵¹

Aus Windisch-Breite/AG stammen Fragmente von fünf kleinen *flachschaligen* Tiegeln mit spitzem Ausguss (Abb. 43,7). Sie sehen auf den ersten Blick zum Verwechseln ähnlich mit eisenzeitlichen Tiegelhälften aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. aus, die zweiteilig geformt, dann zum Gebrauch zusammengefügt und beim Giessen oft entlang der alten Fuge wieder auseinandergebrochen sind⁴⁵². Diese birnenförmigen Halbschalen weisen an ihren «Rändern» jedoch deutliche Spuren der Lehmverbindung zur zweiten Hälfte auf, nicht jedoch die Fragmente aus Windisch. Sie haben verrundete Ränder mit Verglasungsspuren. Ihre Schalen sind nur 3–5 cm tief, und die Wandstärke beträgt nur 0,4–0,6 cm⁴⁵³.

Auch ein *schälchenförmiger*, im Durchmesser 7 cm messender Tiegel mit Ausguss aus Doncaster/GB ist archäometrisch untersucht worden (Abb. 43,11)⁴⁵⁴. Das im 2. Jahrhundert n. Chr. benutzte Stück zeigte innen eine glasurartige Spur des einstigen *Pegelstands* der Schmelze.

Dort wurde durch Justine Bayley – leider nur qualitativ mit XRF – Silber nachgewiesen, zusammen mit etwas Zink, Blei und Kupfer. Die Autorin «suggests that the crucible was used to melt silver» und sie interpretiert die anderen nachgewiesenen Metalle Zn, Pb und Cu als «impurities». Das Volumen der Schmelze, ermittelt bis zum Pegelrand, betrug 15 cm³ (vgl. Abb. 21), was etwa 150 g Silber entspricht. Das Gesamtvolumen des Tiegels beträgt etwa 30 cm³.

Weitere Tiegel mit Ausguss (Auswahl): Wiesbaden/D, Kastell (Abb. 43,3.8)⁴⁵⁵; Wiesbaden/D-Heidenberg (nicht abgebildet)⁴⁵⁶; Saalburg/D (mit Deckel; Abb. 29,1)⁴⁵⁷; Wolfenbüttel/D-Fümmelse (handgemacht; Abb. 43,2)⁴⁵⁸; Gleisdorf/A (Abb. 24,5)⁴⁵⁹; Alise-Sainte-Reine/F-Ale-

446 Martinón-Torres/Verrocchio 2008, 112 (Hessische Tiegel in Italien); Martinón-Torres/Rehren 2009, bes. Abb. 1 und 5 (Bsp. u. a. in Amerika).

447 von Osten 1998, 41 ff. Abb. 22–25.

448 Zielsing 1995, 66.

449 Zielsing 1995, 67 Abb. 76, unten (Funktionsschema); 77. – Zur Archäometrie des Ausgusstiegels aus Xanten/D siehe Rehren/Kraus 1999, 267 f. Abb. 6.

450 Presslinger u. a. 1993, 28 Abb. 3 (= hier Abb. 43,5). – Zum zweiten Gleisdorfer Tiegel siehe Abb. 24,5 und oben mit Anm. 314.

451 Presslinger u. a. 1993, 29 Tab. 2 (Legierung in Tropfen und Schlacke) und 3 (Tiegelkeramik) Anm. 9.

452 Mauvilly u. a. 2001, 24 Abb. 3 und 10.

453 Hagendorn u. a. 2003, 419 und 678 Taf. 78, Ti1–Ti3 (Ti1 = hier Abb. 43,7).

454 Bayley 1986, 196 Abb. 43 (= hier Abb. 43,11).

455 Reuter 1871, Taf. 7, 9.11.14; Ritterling 1909, 34 f.; 121 f. Abb. 18 (3 Exemplare; Abb. 18, links unten = hier Abb. 43,3; Abb. 18, rechts oben = hier Abb. 43,8); Pinsker 1994, 240 Taf. 20, unten (Farbfoto).

456 Pinsker 1994, 240 Anm. 888 Farbt. 20, unten (Sammelfoto mit mindestens zwei beutelförmigen und einem schälchenförmigen Ausgusstiegel).

457 Jacobi 1897, 428 Abb. 64, 27; Rosenberg 1910, Abb. 70 (besseres Bild = hier Abb. 29,1).

458 Krabath 2006, 409 Abb. 27; 421 (= hier Abb. 43,2).

459 Zeichnung unpubliziert, siehe S. 75 Anm. 314.

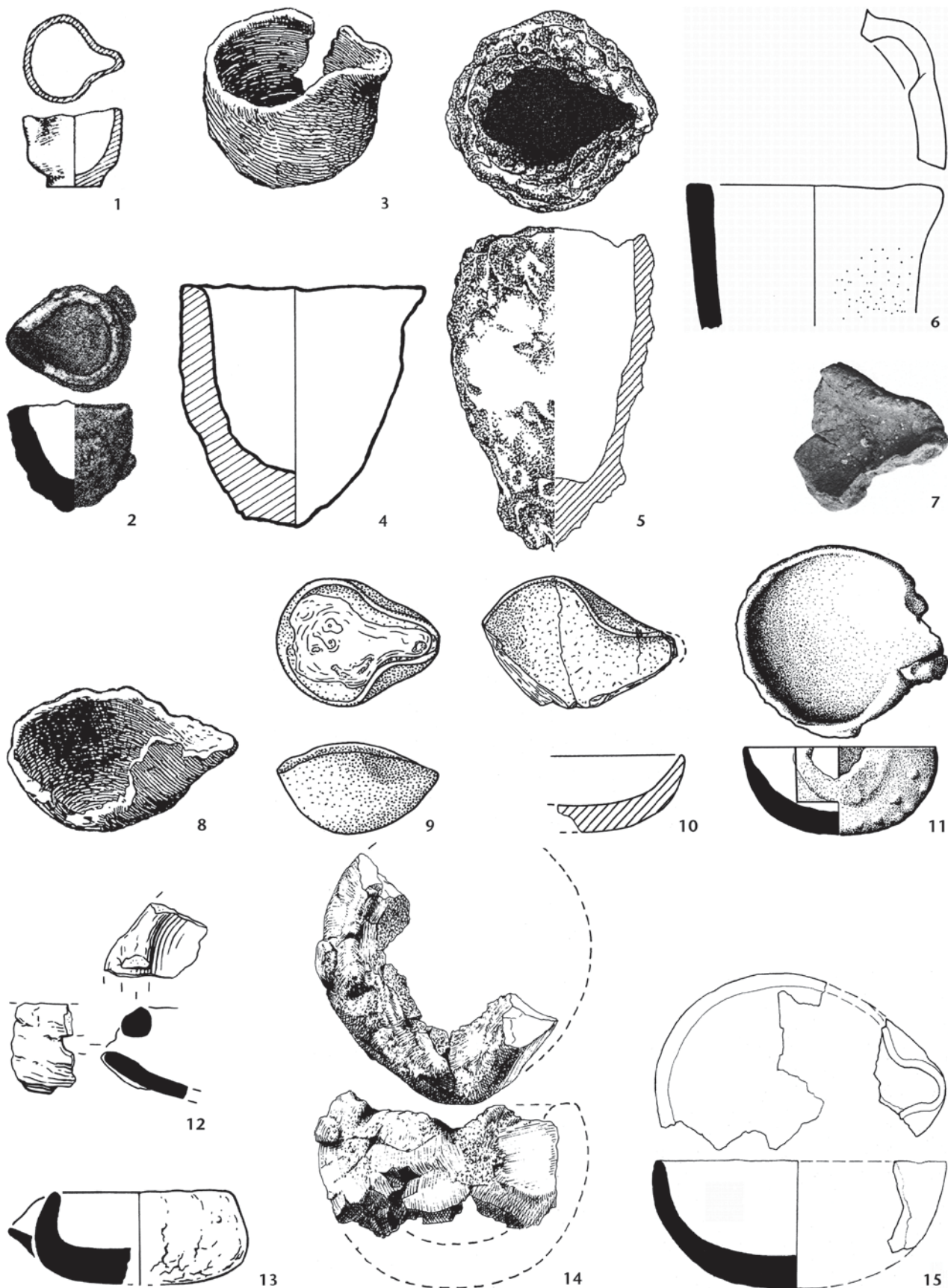


Abb. 43: Tiegel (unterschiedlicher Form und Grösse) mit Ausguss am Rand. 1: Moigrad-Jas / RO-Porolissum; 2: Wolfenbüttel / D-Fümmelse (handgemacht); 3 und 8: Wiesbaden / D, Kastell; 4: Timisoara-Tibiscum / RO; 5: Gleisdorf / A; 6: Gardanne / F (5. Jh.); 7: Windisch-Breite / AG; 9 und 10: Silchester / GB; 11: Doncaster / GB; 12: Thetford / GB; 13: Caerleon / GB; 14: Warburg / D (germanisch); 15: Mâlain / F-Mediolanum. M. 1:2.

sia (mit Deckel; Abb. 29,2)⁴⁶⁰; Mâlain/F-Mediolanum (Abb. 43,15)⁴⁶¹; Gardanne/F, 5. Jh. (Abb. 43,6)⁴⁶²; Northampton/GB (nicht abgebildet)⁴⁶³; Heronbridge/GB (nicht abgebildet)⁴⁶⁴; Thetford/GB, ein Expl. sogar mit rundem Ausgussloch (Abb. 43,12)⁴⁶⁵; Caerleon/GB (Abb. 43,13)⁴⁶⁶; Wilderspool/GB (nicht abgebildet)⁴⁶⁷; Silchester/GB (Abb. 43,9,10)⁴⁶⁸; Komárom/H-Brigetio (mehrere Expl., nicht abgebildet)⁴⁶⁹; Ilişua/RO (nicht abgebildet)⁴⁷⁰; Moigrad-Jas/RO-Porolissum (Abb. 43,1)⁴⁷¹; Timisoara-Tibiscum/RO, Metallwerkstatt I (Abb. 43,4)⁴⁷²; Geismar/D (Freies Germanien; nicht abgebildet)⁴⁷³; Arensboek/D (Freies Germanien; nicht abgebildet)⁴⁷⁴ sowie Warburg/D (Freies Germanien; Abb. 43,14)⁴⁷⁵.

Tiegel mit Loch in der Seitenwand

Die im Folgenden vorgestellten Tiegel mit seitlich angebrachtem Loch sind gar nicht so selten, wie es auf den ersten Blick scheint (Abb. 44). Dies mag an der Fragmentierung sowie an der Verkrustung durch die äussere Verschleisschicht (*Lutum*) liegen, was eine in der Tiegelwand angebrachte Öffnung oft nur schwer erkennen lässt. In Augusta Raurica ist dieser Typ trotz des umfangreichen Tiegelmaterialeffekts jedenfalls *nicht* vertreten.

Verschiedene Autoren haben sich Gedanken über die *Funktion* dieser Löcher gemacht. Einige vermuteten, an ihnen hätte man den Tiegel vor dem Gussvorgang besser mit der Feuerzange greifen können als am Rand oder Bauch. Andere meinen, man hätte zur Handhabung des (kleinen) Tiegels zum Beispiel einen Eisenstab in das Loch gesteckt.

Hans-Gert Bachmann vermutete 1976, dass es sich bei diesen Löchern um die *Giessöffnungen* handle, wie dies auch in anderen Regionen gelegentlich der Fall sei⁴⁷⁶. Gegenüber einem normalen Giessen durch die Tiegelmündung böte die seitliche Öffnung den Vorteil, dass die stets obenauf schwimmende Schlacke- und Drossschicht beim Guss zurückgehalten hätte und somit die Gefahr eines Fehlgusses verringert werden könnte⁴⁷⁷. Die schlanken Tiegel von Nida-Hedderheim/D zeigen anschaulich, dass solche Schmelzgefässe am Rand auffallende Lehmverstreichungen aufweisen und bisweilen oben im Mündungsbereich noch ganz mit Lehm verschlossen sind (Abb. 47). In der Literatur werden diese Tiegel mit Lehm-«Deckeln» auch *Schmelzbirnen* oder *Schmelzbomben* genannt.

Hans Drescher konnte 1994 anhand der reichen Funde aus einer Bronzegiesserei für Spannbuchsen für Pfeilgeschütze auf dem Auerberg/D diese Interpretation erhärten: Die dortigen Tiegel waren über ihrer Mündung komplett mit Lehm verschlossen worden; der Guss des Schmelzguts erfolgte durch ein zweites, nur etwa 1 cm grosses, an der Seitenwand angebrachtes Loch (Abb. 44;15; 45)⁴⁷⁸.

Horst-Dieter Nielsen hat 2006 mehrere Tiegel aus dem Legionslager Neuss/D vorgestellt und analysiert. Darunter be-

finden sich mindestens fünf Exemplare von einst 9–12 cm Höhe und mit einem seitlichem Loch von 1 cm Durchmesser. Diese Löcher wurden 5–6 cm über der tiefsten Stelle des Bodens angebracht (Beispiel Abb. 44,19)⁴⁷⁹. Alle diese Tiegel wiesen aussen eine zweite, stark verschlackte Verschleiss- resp. *Lutum*-Schicht auf, und an allen scheint der obere Rand nach dem Gebrauch abgeschlagen worden zu sein. Mehrere archäometrische Untersuchungen wurden von Rainer Telle, Bernd Friedrich (beide RWTH Aachen/D) und Walter Jung (Universität Köln/D) durchgeführt⁴⁸⁰ und von H.-D. Nielsen zusammengefasst:

460 Champion 1916, 243 Taf. 14,60828 (= hier Abb. 29,2).

461 Roussel 1988, Taf. 80,688a (= hier Abb. 43,15).

462 Peletier u. a. 1991, 331 Abb. 65,1–7 (Abb. 65,3 = hier Abb. 43,6); Nin / Picon 2003, Abb. 7,56–59.

463 Tylecote 1986, Abb. 50,26 (Höhe ca. 60 mm).

464 Hartley 1954, 5 Abb. 2,3.

465 Bayley 1984A, Abb. 175,338 (hier nicht abgebildet); Bayley 1999, Abb. 10,1.2 (Abb. 10,2 = hier Abb. 43,12).

466 Zienkiewicz 1993, 126 Abb. 46,2–4 (Abb. 46,3 = hier Abb. 29,13).

467 Tylecote 1986, Abb. 50,6 (Höhe ca. 65 mm).

468 Northover / Palk 2000, Abb. 187,2; 4–6 (Abb. 187,4.6 = hier Abb. 43, 9,10).

469 Sey 2013, 48; 89; Taf. 2,1.2.5.

470 Gaiu 2011, Taf. 2,2 (Höhe ca. 45 mm).

471 Gudea 1989, 509 Taf. 105,8 (mit vertikalem Rand! = hier Abb. 43,1).

472 Benea / Petrovsky 1987, 231 Abb. 4,3 (= hier Abb. 43,4). Auch die Tiegel aus Werkstatt III «haben einen weisslichen Schnabel zum Ausgüssen des Metalls» (S. 235; auf Abb. 6,1–6 nicht ersichtlich).

473 Roth 1980, 796 Abb. 2,1.

474 Voss 2012, 102 Abb. 2, Mitte rechts.

475 Günther 1990, 56 Abb. 59,1 (= hier Abb. 43,14).

476 Mukherjee 1978, 308–310, mit Abb. S. 309 (Nabadwip/Indien [das Loch wird mit einem spitzen Eisenstab kurz vor dem Ausgiessen in die Wand des verschlossenen Tiegels gestossen]). – Auch Raju Shaky, Wachsmodeleur und Gusspezialist aus Patan/NP, schilderte dem Autor die bis vor wenigen Jahren übliche Verwendung von Tiegeln mit seitlichem Loch und auflutiertem Deckel für den Guss kleinerer Statuen (27.09.2013). Die Tiegel bestanden aus einem besonderen «black clay», waren mit sehr fein gemahlenem Reisspelz gemagert, 12–15 inches (30–38 cm) hoch und konnten 5–10 Kilo Metall aufnehmen. Das fingerdicke, runde Loch war in die untere Tiegelwand mit einem Lehmpropfen mit kleinem Endknopf geschlossen und verklebt worden. Unmittelbar vor dem Giessen wurde der Tiegel in eine schräge Position gebracht, damit sich der kleine Stöpsel rasch wegklopfen liess (was jeweils gut gelungen sei). Aus dem engmündigen Tiegelloch wurde dann in die Formen gegossen. Eine Oxidation der Schmelze wurde so verhindert. – Im antiken China sind solche Tiegel mit seitlichem Loch unbekannt: «We do not have such crucibles with holes in China.» (E-Mail von Zhou Wenli an Urs Werner vom 05.05.2014).

477 Bachmann 1976; Rehren 1995, 328. – Steve Hurst, ein Künstler und Bronzegiesser aus Oxfordshire/GB, verwendet diese Methode heute: Der geschlossene Tiegel wird nach Erreichen der Metallschmelze aus dem Ofen genommen, «a small hole is punched in the side of the crucible at the top edge. The metal is poured through this hole and it flows out remarkably pure» (Hurst 1996, 168).

478 Drescher 1994, bes. Abb. 21–23 (Abb. 21,5.6 = hier Abb. 44,15 und 45).

479 Nielsen 2006, 31 ff. und 39 ff. (= hier Abb. 44,19).

480 Telle/Thönnissen 2004.

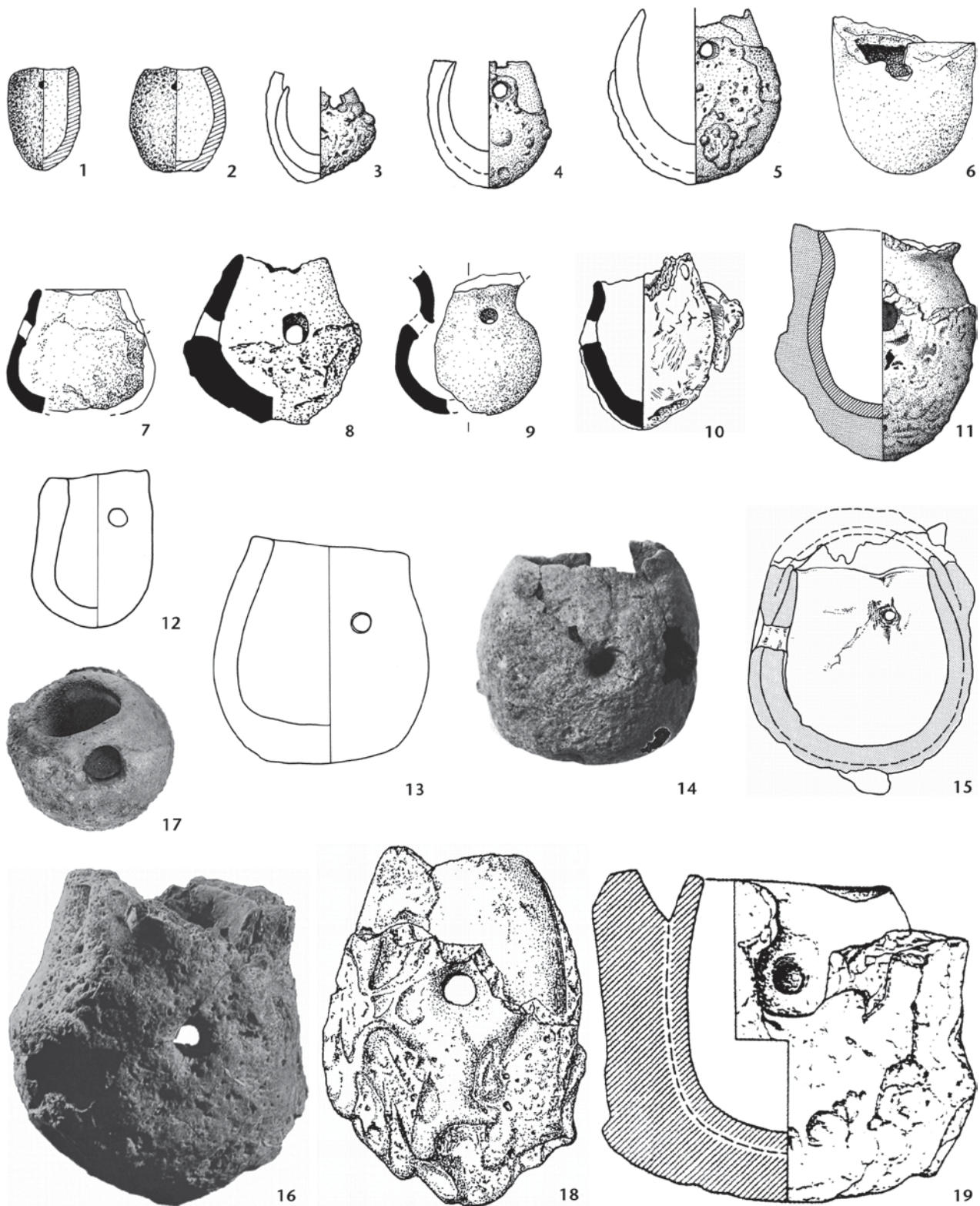


Abb. 44: Tiegel mit Loch in der Seitenwand. 1: und 2: Sboryanovo / BG; 3–5: Eining / D; 6: Mâlain / F-Mediolanum; 7–9: Roanne / F; 10: Verulamium / GB; 11: Alise-Sainte-Reine / F-Alesia; 12 und 13: Regensburg / D-Kumpfmühl; 14: Windisch / AG-Vindonissa; 15: Auerberg / D (anderes Expl. Abb. 45); 16: Kempten / D; 17: Xanten / D, Insula 39; 18: Xanten / D-Fürstenberg; 19: Neuss / D. M. 1:2.

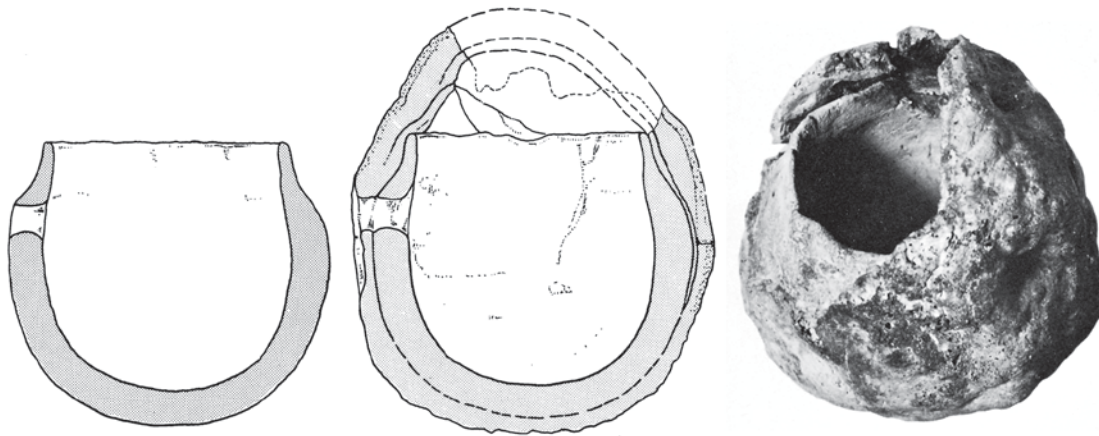


Abb. 45: Tiegel mit seitlichem Loch (links), umhüllt mit äusserer «Verschleisschicht» und mit (mit Lehm) «angeklebtem» Deckel (rechts). Die Brocken der Gusspeise mussten natürlich vor dem Verschliessen in den Tiegel eingefüllt werden. Beispiel vom Auerberg / D. M. 1:2.

Die innere und äussere Oberfläche der Innentiegel wies eine helle, sehr feinteilige Engobe von bloss 0,1 bis 0,15 mm Stärke auf. Die Analysen ergaben, dass es sich um einen feinen Tonschlicker handelt, in welchen die getrockneten Tiegel – wie bei der Glanztonherstellung – vor dem Brand eingetaucht worden waren. Chemisch gesehen sind Tiegelkeramik und Engobe identisch. Die Autoren vermuten, dass die Engobe zur Abdichtung der Innentiegel aufgebracht wurde.

In Querschnitten durch die innere und äussere Tiegelschicht ist erkennbar, dass die Innentiegel u. a. mit Pflanzenfasern gemagert waren. Die ausgebrannten Negative davon sind in Nähe der Innenseite der Tiegel parallel zur Oberfläche ausgerichtet, nach aussen jedoch immer weniger zu erkennen, weil sie zunehmend verascht sind. «Dies ist ein klares Indiz für die höhere Temperatur aussen gegenüber innen, was einleuchtend ist, da die Tiegel in einem Bett glühender Holzkohle gestanden hatten.»

Die Aussenschale der Tiegel zeigte bei den archäometrischen Untersuchungen «ein völlig anders Gefüge» als die Innentiegel. Die Verschleisschicht enthielt u. a. angeschmolzene Einschlüsse von Tonmineralien sowie unveränderte Quarzkörner; sie war nach aussen zunehmend poröser. Aussen war die Schicht fast vollständig verglast.

Thermodynamische Berechnungen ergaben, «dass die Keramik des Innentiegels zwischen 1000 und 1300°C langsam erweichte, während das Material der Aussenschale bereits bei etwa 970°C zu 70% flüssig war» (siehe auch oben mit Anm. 176). Als Betriebstemperatur wird ca. 1100°C angenommen.

In die innere Engobeschicht sind «erhebliche Zinkmengen, aber nur Spuren von Kupfer» eingedrungen. In der inneren Tiegelwandung hingegen war nur ein relativ geringer Zinkgehalt feststellbar, weshalb die Tiegel aus Neuss als Schmelztiegel interpretiert werden. Über die Funktion der seitlichen Löcher werden keine weiteren Angaben gemacht.

Aus den frühen Militärlagern *Vetera Castra* auf dem Fürstenberg bei Xanten/D stammen zwei «ovale Schmelzgefässe» mit «Schlackenresten» auf den Aussenseiten. Sie sind 10 bzw. 12 cm (Abb. 44,18) hoch; ihre Profile gehen aus der Abbildung leider nicht hervor⁴⁸¹.

Diese unauffälligen «Lochtiegel» (Abb. 44,18) sind von Thilo Rehren ausführlich und mit moderneren Methoden untersucht worden⁴⁸² als jene aus Nida-Hedderheim (Abb. 47). Sie zeigen «einen zweischaligen Aufbau mit dem eigentlichen Tiegel im Innern, umgeben von einer

stark aufgeblähten, unregelmässig verglasten äusseren Keramik». Der eine weist ein seitliches Loch auf, der andere deren zwei. Eines davon durchstösst allerdings nur den inneren Tiegel und wird von der äusseren Ummantelung verdeckt. Alle annähernd runden Löcher messen rund 1 cm. – Aus dem grösseren Tiegel konnten rundliche Metallkügelchen im Auflichtmikroskop beobachtet und spektralanalytisch untersucht werden. Es konnte – als eingeschmolzene Metallcharge – ein Messing mit rund 15% Zink und Beimengungen von etwas Zinn und wenig Blei nachgewiesen werden.

Ein aussen etwa beutelförmiger, durch die zweite Tonschicht unförmig gewordener Schmelztiegel aus Kempen/D ist 10,5 cm hoch und hat in der Seitenwand ein relativ kleines Loch (Abb. 44,16), das Markus Gschwind ebenfalls als «Ausgussloch» bezeichnet⁴⁸³.

In Windisch / AG-Vindonissa fanden sich in einer Grube zwei Tiegel unterschiedlicher Form, aber beide mit seitlichem Loch (Abb. 44,14)⁴⁸⁴. In der Planie darüber lag ein seltener kleiner Giessereofen aus Lehm, der herumgetragen werden konnte. Die minutiöse Beschreibung des Loches des kleineren der beiden Tiegel durch Martin Trachsel lautet⁴⁸⁵:

«Ziemlich genau auf halber Höhe sitzt ein rundes Loch von 6–7 mm Durchmesser in der Wand. Dieser Ausguss wurde peinlich genau überarbeitet. Die Übergänge von Innen- und Aussenhaut zum Durchlass sind abgerundet und ohne jede Kante. Von einem Schnabel aussen am Loch

481 Hanel 1995 (darin Rehren 1995), 628 f., Taf. 135, C8243.C8244; Rehren 1997, 15 f. Abb. 10 (Abb. 10, rechts = hier Abb. 44,18); Rehren/Kraus 1999, 271 Abb. 7; Reuter 2008, Abb. 327, oben rechts (Farbfoto).

482 Rehren 1995.

483 Gschwind 2000, 100 Abb. 168 (= hier Abb. 44,16).

484 Weiss/Holliger 1981, Abb. 33 (33, links = hier Abb. 44,14); Trachsel 1997, Abb. 1; Trachsel 1998 (144 f. sehr ausführliche Beschreibung dieser beiden Tiegel).

485 Trachsel 1998, 144.

findet sich keine Spur. Die Unterkante des Lochs liegt 19 mm über dem Innenboden des Tiegels, der Innendurchmesser beträgt etwa 45 mm. Bei senkrechter Lagerung lassen sich höchstens 20–24 cm³ Flüssigkeit darin halten, das sind umgerechnet etwa 200 g Bronze oder Silber. Von der Höhe des Ausgusses nach oben hin nimmt die Stärke des Mantels stetig ab und keilt bis zum Rand fast vollständig aus. Der Rand des Tiegels ist zwar abgesplittert, aber rundum etwa gleich hoch erhalten, sodass nur wenige Millimeter fehlen dürften. Spuren eines aufmodellierten Deckels aus Ton sind nicht festzustellen. Innen am Tiegel haben sich exakt bis auf Ausgushöhe Schlackenreste erhalten. ...». M. Trachsels Experimente mit Repliken dieser Tiegel unterstützen die eine der oben referierten Interpretationen des seitlichen Lochs als Ausguss beim Giessen (H.-G. Bachmann und H. Drescher). Nur wenn das Loch fein säuberlich gearbeitet und seine Kanten verrundet sind, gelingt ein guter Guss mit kaum Holzkohle und Schlacke in der Schmelze.

Aus Roanne/F stammen drei Tiegel mit seitlichem Loch, jedoch von unterschiedlicher Form: ein relativ dünnwandiges Exemplar mit weitem Bauch und einziehendem Rand mit dem – vor dem Brand angebrachten – Loch 13 mm unter dem Rand (Abb. 44,7), ein kugeliges Exemplar mit dicker Wandung mit tief sitzendem Loch 25 mm unter dem einziehenden Rand und mit aussen verschlackter Verschleisschicht, aber innen ohne Gebrauchsspuren (Abb. 44,8) sowie ein singulärer kleiner Tiegel in Tropfenform mit weiter Mündung und dem ebenfalls vor dem Brand angebrachten Loch auf der Schulter (Abb. 44,9)⁴⁸⁶. Bei einem Exemplar (Abb. 44,7) vermutet der Autor, dass das Loch «pouvait servir à manipuler le creuset dans le foyer à l'aide d'une tige en fer par exemple».

Aus Alise-Sainte-Reine/F-*Alesia* liegen aus einem umfangreichen Ensemble von 40 kg Tiegeln fast 50 Exemplare mit einem seitlichen Loch in der oberen Wandung vor (Beispiel Abb. 44,11). Elisabeth Rabeisen beschreibt die beutelförmigen Stücke mit leicht ausladendem Rand und dickem *Lutum*-Überzug als Typ *Alesia I*. Da einige wenige Fragmente an der Tiegelmündung «auflutierte» Ränder zeigen (ähnlich unseren Stücken Abb. 28, **T4.T261**), vermutet sie, dass darüber einst die ungebrannte Gussform montiert war und das Ganze als «creuset-moule» im «Umstülperverfahren», d. h. in einem geschlossenen System mit entwachster Gussform und gefülltem Tiegel darunter, erhitzt, geschmolzen und zum Guss umgedreht wurde. Dieses an sich geniale Verfahren garantiert eine gut vorgewärmte Gussform, verhindert Oxidation und wird bis heute in der Sahara und in Westafrika angewandt⁴⁸⁷. Die seitlichen Öffnungen der Tiegel aus *Alesia* sind mit einem Rundstab kreisrund vor dem Brand eingestanzte worden und weisen Durchmesser von rund 10 mm auf. E. Rabeisen konnte beobachten, dass eine verschlackte Wulstnaht (in der *Lutum*-Schicht) um die Löcher herum auf einen *Pfropfen* schliessen lässt, der während eines Teils des Feuerungsprozesses das Loch verschlossen gehalten haben muss. Sie vermutet einen temporären Holzzapfen, der durch Abbrand verschwand und damit vielleicht den richtigen Zeitpunkt für den Guss anzeigte(?). Sie ist überzeugt, es sei nie aus diesen Löchern

gegossen worden, und erwägt, dass das Loch entweder zum Druckausgleich für die Schmelzgase oder zum Auslaufen eines allfälligen Überschusses der Gusspeise diene; Gewissheit über diese offenen Fragen könnten nur Experimente geben⁴⁸⁸.

Zum Schluss dieser sicher nicht vollständigen Zusammenstellung von Tiegeln mit seitlichem Loch sei noch ein kleinerer, regelmässig-kugelförmiger Tiegel mit auffallend dicker Wandung und 5 cm Durchmesser (Abb. 44,17) vorgestellt. Er stammt aus einer Werkstatt in der Insula 39 von Xanten/D, in welcher Silberaffination nachgewiesen werden konnte. Laut Thilo Rehren und Andreas Hauptmann⁴⁸⁹ sowie Kerstin Kraus⁴⁹⁰ sei er als normaler Gusstiegel für eine Kupferlegierung zu betrachten. Sein Innendurchmesser beträgt nur 3 cm; die Mündung ist 2,5–3 cm weit und das Loch direkt unter dem Rand ist 1,3 cm weit. Stellenweise ist das Stück aussen mit einer «stark verglasten Ton-schicht überzogen, die nach vorn hin dünner wird und am Ausguss[loch] ganz fehlt». Den Autoren ist «die Funktion der seitlichen Öffnung ... unklar».

Die Beobachtungen vieler Autorinnen und Autoren, die ins Feld geführten Verwendungen und die *unterschiedlichen funktionalen Deutungen* ergeben ein sehr heterogenes Bild dieser Tiegelgruppe mit seitlichem Loch (oben und Anm. 477).

Eine neue Interpretation dieser seitlich an den Tiegeln abgebrachten Löcher sei jedoch erlaubt: Sie könnten dem «*Polen*» der Schmelze gedient haben. Dies ist eine in der frühneuzeitlichen Metallurgie geläufige Methode, die Schmelze einer Kupferlegierung mittels eines noch grünen *Holzstabes* durch Umrühren zu reduzieren. Es wäre denkbar, dass man solche Stäbe in die seitlichen Löcher gesteckt hat und den Tiegel mit dem flüssigen Metall geschwenkt hat. Die dabei stattfindende Verkohlung des Holzes unter starkem Rühren oder Schwenken führt zur Freisetzung von Wasserstoff, Wasserdampf und Kohlenwasserstoffen, was zur Reduktion der Schmelze führt. Auch wenn sich hierfür

486 Feugère 1997B, 62, Taf. 4, 264.266.267 (= hier Abb. 44,7–9).

487 Beispiele u. v. a. bei Malcolm 1923, 2 Abb. 2; Gardi 1969, 69 ff. Abb. 49–54; Knöpfli 1997, 31 ff. Abb. 12–26.

488 Rabeisen 2010, bes. 25 Abb. 1 (= hier Abb. 44,11) und 2–5. – Zum Pfropfen s. auch oben Anm. 477. – Das «Afrika-Verfahren» mit gefülltem Tiegel und dicht auflutierter Gussform wird von derselben Autorin auch für römische «creusets-moules» aus Javols/F postuliert (Rabeisen u. a. 2010, 347).

489 Rehren/Hauptmann 1995, 122 Abb. 3 (= hier Abb. 44,17) Tab. 1.

490 Kraus 1999, 117.

an sich jedes Holz eignet, wird konkret Birken- und Eichenholz empfohlen⁴⁹¹.

Es wird einer vergleichenden Detailstudie bedürfen, die auch die Grösse, Ausformung und Gebrauchsspuren der seitlichen Löcher und der oberen Mündungen sowie die Schlackenstruktur im Innern genauer betrachtet, um die damit gehandhabten Schmelzprozesse in diesen Sondertiegeln besser verstehen zu können.

Weitere Tiegel mit Loch in der Seitenwand (Auswahl): Eining/D (Abb. 44,3–5)⁴⁹²; Regensburg/D-Kumpfmühl (Abb. 44,12.13)⁴⁹³; Mâlain/F-Mediolanum (Abb. 44,6)⁴⁹⁴; Verulamium/GB (Abb. 44,10)⁴⁹⁵; Wroxeter/GB⁴⁹⁶; Sboryanovo/BG (Abb. 44,1.2)⁴⁹⁷.

Tiegel mit trichterförmig verengter, auflutierter(?) Mündung

Diese kleine Gruppe ist vermutlich kein Formtyp im herkömmlichen Sinne, sondern sie vereinigt einige Tiegel mit einer ausgefallenen Gemeinsamkeit im Mündungsbereich: Sie alle verengen sich extrem nach oben, so dass man sie vor dem Schmelzvorgang kaum mehr mit dem Rohmetall (Abfallstücke, «scrap») durch die kleine Öffnung bestücken konnte. In einigen besser dokumentierten Fällen ist diese Verjüngung der Mündung aber eindeutig *sekundär* mit Lehm auf dem Tiegelrand angebracht worden (Abb. 46,3.7). Ob andere Tiegel mit solch enger Mündung in einem Stück getöpft wurden, ist aus den publizierten Dokumentationen nicht zu ersehen.

2008 schlugen Carole Mothes und Michel Pernot anhand von Tiegelfragmenten aus Rennes/F eine abweichende Rekonstruktion des Schmelzprozesses vor, die von den bisherigen Deutungen der Tiegel mit seitlichem Loch (oben mit Abb. 44) abweicht⁴⁹⁸. Sie sehen das seitliche Loch von rund 1 cm Durchmesser als Kontrollloch für Aggregatzustand und Farbe der Schmelze und interpretieren eine konische auflutierte Haube über dem Tiegelrand mit ihrem ganz kleinen Loch oben als Ausgussöffnung beim Giessvorgang (Abb. 46,4). Die Tiegel aus Rennes sind 7–8 cm hoch, mit dem Trichteraufbau bis etwa 12 cm hoch, haben ein Volumen von 100–120 cm³ und fassen rund 500 g Metall. Die Autoren sehen diese Gussbirnen in einem direkten Zusammenhang mit einem bestimmten Ofentyp und einer «spécialisation dans une classe particulière d'alliage». Sie rekonstruieren den Arbeitsvorgang mit ihnen folgendermassen: Man habe den Tiegel getöpft und wohl auch vorgebrannt, dann auf dessen Mündung den konischen Aufbau mit dem kleinen Loch oben auflutiert und trocknen lassen. Unmittelbar vor dem Guss hätte man die Metallteile durch das seitliche Loch in den Tiegel gegeben(?), ihn *schräg* ins Feuer gelegt, so dass man einerseits gut in das seitliche Loch blicken und das Flüssigwerden beurteilen konnte und andererseits das Metall beim Flüssigwerden nicht über dem Lochrand zu stehen kam und ausfliessen

konnte. Am Schluss, nach Flüssigwerden der Charge, hätte man das grössere Loch rasch mit Lehm verschmiert(?) und den Tiegel mit Hilfe der Tiegellange so gedreht, dass durch das oben liegende kleine Loch gegossen werden konnte.

Mit den minutiösen Beobachtungen von Hans Drescher an den Auerberg-Tiegeln (oben mit Abb. 45) sowie den ebenso präzise beschriebenen Befunden von Carole Mothes und Michel Pernot am Material aus Rennes (Abb. 46,4) scheinen mir derzeit *zwei konträre Funktionen* dieser seitlichen Löcher favorisiert zu werden: Die seitlichen Löcher hätten in einem Fall als Ausgussöffnungen (mit Beschickung von oben) gedient und im anderen Fall als Beschickungsöffnung (mit Ausgussöffnung im oben verengten Teil). Die «normalen» oberen Tiegelmündungen wären demzufolge einmal mit Lehm ganz verschlossen, im anderen Fall mit Lehm zu einem Giesstrichter verengt worden. Ich glaube, dass beim nicht optimalen Stand von Beobachtung und Dokumentation (Abb. 29 und 44–46) manche Details an den Seitenlöchern, Mündungen, Abdeckungen und Lehmverstrichen noch nicht klar ersichtlich sind und dass deshalb vorerst offen bleiben muss, ob dieser Tiegeltyp effektiv auf die eine oder andere Art verwendet worden ist.

Auch die oben zulutierten und seitlich geöffneten «Schmelzbirnen» von Nida-Heddernheim/D bringen uns in dieser Frage nicht weiter. Sie kamen 1961 in einem «mit mächtigen Brandschichten» verfüllten Keller – 20 m neben einer Bronze-Werkstatt (mit runden Öfen von 1 m Durchmesser) – zusammen mit Trümmern einer Metall verarbeitenden Werkstatt zutage. Darin fanden sich «Lehmsteine eines Ofens, Stücke der Ofenhaut, zahlreiche Fragmente von tönernen *Schmelzbirnen* (Abb. 46,7; 47) mit Ein- und Ausblasloch, Taunusgranit mit Erzanflug, ein geformter

491 Bersch 1899, 538; Domke 1964; Brunhuber 1991, 803; Hurst 1996, 217; Pettersson/Lönnberg 2016 (erwägen auch Tierknochen zum «Polen» statt Holzstäbe und infolgedessen erhöhte Phosphor- und Kalziumgehalte im Tiegellinnern). – Möglicherweise dient eine Beobachtung in Indien demselben Zweck des Polens (Mukherjee 1978, 308): «The crucible is charged with broken bits of bell-metal scrap and fully covered over with clay. Only a narrow hole is left at the top, to allow the probing stick to go through.» – Auf diese bislang in der Archäometallurgie nicht beachtete Möglichkeit machte mich Urs Werner aufmerksam, dem ich hier für seine Nachforschungen danke.

492 Gschwind 1997, Abb. 3,1–3 (= hier Abb. 44,3–5).

493 Faber 1994, 382 Abb. 63,22.24 (= hier Abb. 44,12.13).

494 Roussel 1975, 296 (ohne Abb.); Roussel 1988, Taf. 80,687a; Roussel 2003, Abb. 579, rechts oben (= hier Abb. 44,6).

495 Frere 1972, Abb. 141,2 (= hier Abb. 44,10).

496 Bushe-Fox 1913, 10 Abb. 2, Mitte (Tiegelhöhe ca. 65 mm, Lochdurchm. ca. 13 mm; hier nicht abgebildet).

497 Stoyanov/Mihaylova 1996, 73 drawing 2,2.3 (= hier Abb. 44,1.2).

498 Mothes/Pernot 2008, 415 f. Abb. 18 (= hier Abb. 46,4).

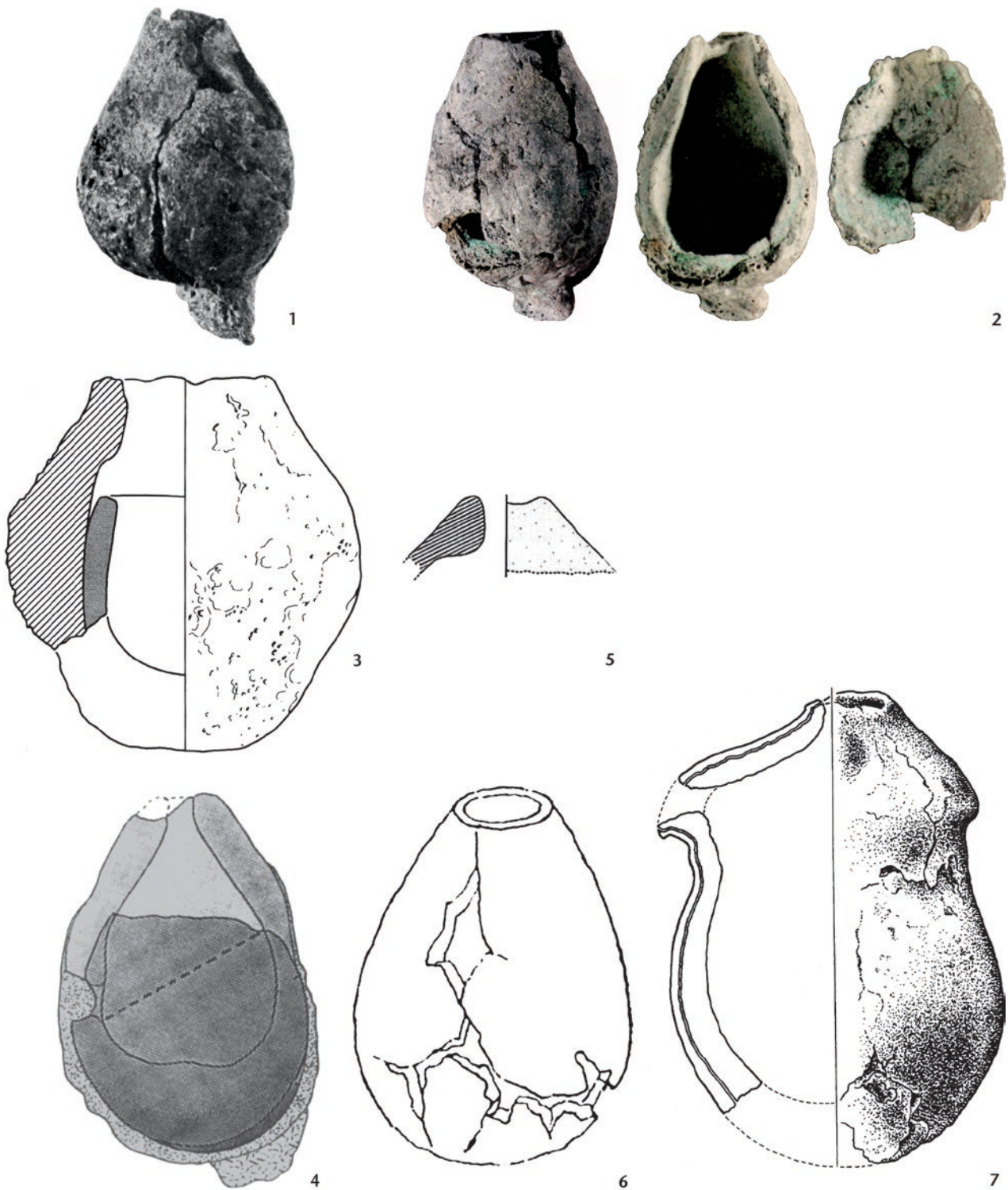


Abb. 46: Tiegel mit trichterförmig verengter, auflutierter(?) Mündung. 1: Alesia / F; 2: Autun / F-Augustodunum; 3: Heldenbergen / D; 4: Rennes / F; 5: Javols / F-Anderitum; 6: Mont Beuvray / F-Bibracte; 7: Nida-Hedderheim / D. M. 1:2.

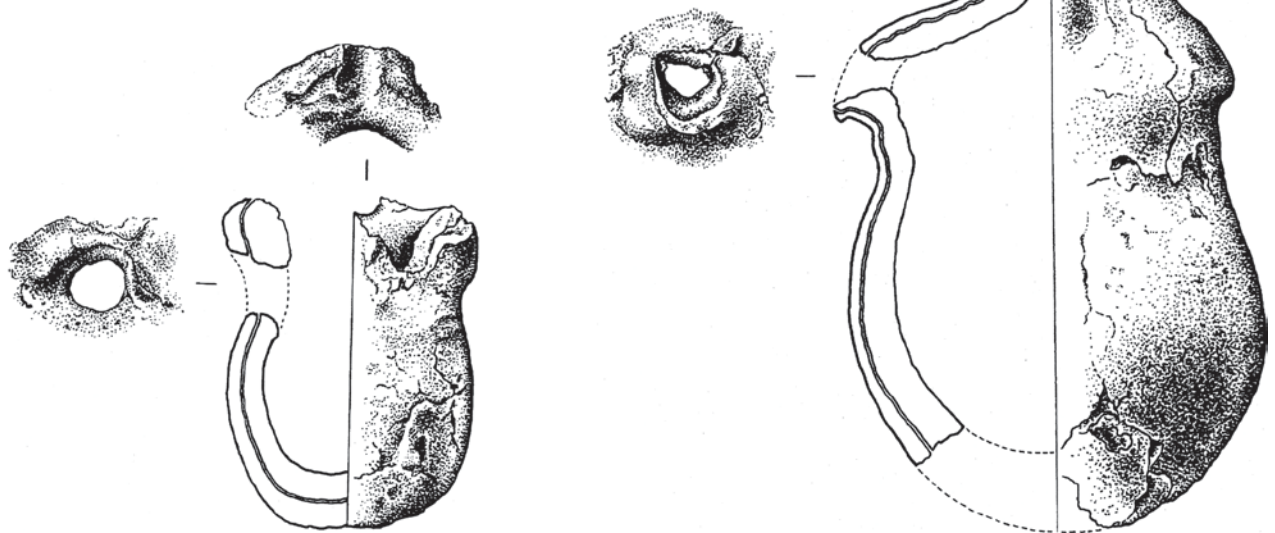


Abb. 47: Frankfurt/D, Nida-Hedderheim. Birnensförmige Tiegel, z. T. mit seitlichen Löchern resp. mit Deckel (deutlich sind an den Rändern Lehmwülste zu erkennen, mit denen die Deckel resp. Lehmverschlüsse auf den Tiegeln befestigt worden sind). Fotos oben ohne M.; unten M. 1:2.

Bleiklumpen»⁴⁹⁹. Alle vollständig erhaltenen Exemplare der erwähnten ca. 170 Schmelztiegelreste lassen in der Seitenwand angebrachte Löcher erkennen, und an den Rändern einiger Tiegel kleben Lehmwülste. Diese stammen von der Befestigung eines Deckels(?) oder sind – eher – Reste einer *ad hoc* erfolgten Verschlussung der Tiegelmündung mit weichem Lehm (vgl. Abb. 45). Offenbar liess man in diesen «Deckeln» in der Mitte kleine Öffnungen wie in Rennes/F (Abb. 46,4) frei. Der Befund datiert aufgrund der mitgefundenen Keramik ins 2. Jahrhundert n. Chr.

Die Analyse «der Reste im Innern der Schmelztiegel ergab, dass in allen eine Kupferlegierung, eine Art von Bronze erschmolzen worden war: Sie bestand aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei». Ob die erwähnten «Ein- und Ausblaslöcher» wirklich als solche dienten, wird nicht näher beschrieben. Hans-Gert Bachmann vermutet, dass in diesen Tiegeln recyciertes Altmittel eingeschmolzen und dass eventuell ein Abdeckmittel wie Holzkohlepulver oder Sand beigegeben worden sei. Eine verschlackte Schicht im Tiegelninnern weise dennoch auf eine gewisse Oxidation während des Schmelzprozesses hin. Der Autor erklärt die seitlichen Lö-

cher damit, dass durch sie wohl die flüssige Bronze, kaum aber die zähflüssige Schlacke mit in die Form ausgegossen wurde. – Der Befund mit der Abdeckung ist unklar: Falls diese lediglich als Mittel gegen zu starke Oxidation des Schmelzguts gedient hätten, wären sie einfach auf die Tiegel aufgelegt worden (vgl. Abb. 29). Die publizierten Abbildungen (Abb. 47) zeigen aber eindeutig, wie an den Tiegelnrändern Lehmwülste haften und eine Lehmabdeckung an der Tiegelmündung verstrichen worden ist.

499 Fundber. Hessen 2, 1962, 211–213 bes. 212 (Fundchronik); Zetsche 1975, Abb. 192 (= hier Abb. 47, oben); Bachmann 1976; Fischer u. a. 1998, 149 ff. Abb. 101, 21.22 (= hier Abb. 47, unten und Abb. 46,7). Fast dieselbe Aufnahme, aber mit besser sichtbaren seitlichen Löchern bei Baatz 1982, 287 Abb. 222.

Kat.-Nr.	Inv.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Cu	CuO	Fe	Na ₂ O + K ₂ O	Ni	As	Pb	Mg	MgO	Mn	Glühverlust (%)	Spuren	Bemerkungen (Analysedatum)
T32	1960.7121	71.85	5.87	5.08	4.3		0.13		9.1					1.5		2.17		Silikatprobe, chemisch und spektrographisch (07.08.1961)
T188	1960.1866	(Hauptbestandteil)				1-5		~0.2		~0.2	~0.1	~0.1	~0.1		~0.05		Sn, Bi, Al, Zn, Cd	Tiegelwandung, spektralanalytisch (16.01.1973)
T270	1960.7115	67.87	11.43	8.52	3.8	(Spur)		6.14						1.7		0.54		Silikatprobe, chemisch und spektrometrisch (07.08.1961)

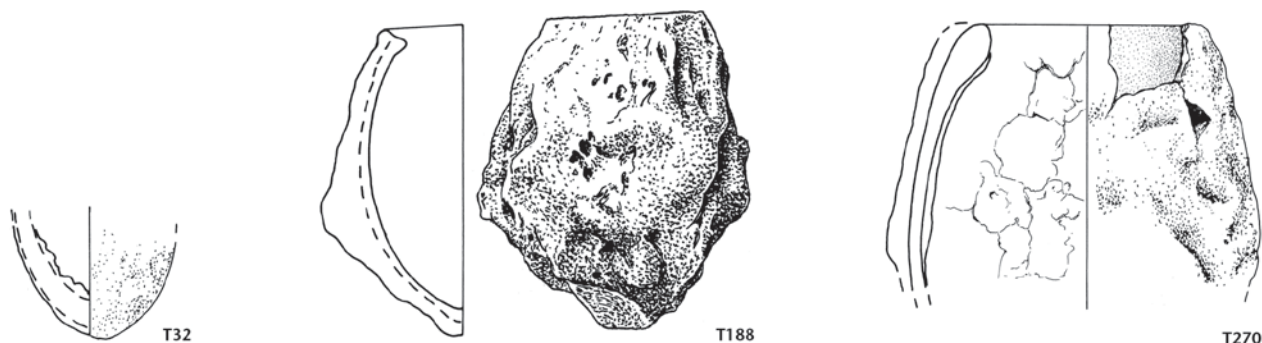


Abb. 48: Augusta Raurica. Spektralanalytische und z. T. chemische Tiegelanalysen in den Metallwerken Dornach / SO (K. Camenisch; heute Swisssmetal Industries AG). Prozentwerte. Darunter die Zeichnungen der betreffenden Tiegel, M. 1:2.

Weitere Tiegel mit trichterförmig verengter, auflutierter(?) Mündung(Auswahl): Heldenbergen / D (Abb. 46,3)⁵⁰⁰; Alesia / F (Abb. 46,1)⁵⁰¹; Gué-de-Sciaux / F (nicht abgebildet)⁵⁰²; Autun / F-Augustodunum (Abb. 46,2)⁵⁰³; Mont Beuvray / F-Bibracte (Abb. 46,6)⁵⁰⁴ und Javols / F-Anderitum (Abb. 46,5)⁵⁰⁵.

Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Schmelztiegeln

Zur Methodik der archäometrischen Untersuchungen generell siehe oben (17–20) und unten (166 f.), zu Analysen von Gusspfeiseresten siehe ebenfalls unten (S. 166–187).

Analysen an Augster und auswärtigem Tiegelmateriel vor Projektbeginn

Bei den oben beschriebenen Sonderformen, die vor allem ausserhalb von Augusta Raurica bekannt sind, sind allfällige naturwissenschaftliche Beobachtungen und Analysen im kleingedruckten Text zusammengefasst.

In den Metallwerken in Dornach / SO sind 1961 und 1973 auf Veranlassung von Alfred Mutz die drei Schmelztiegel **T32**, **T188** und **T270** aus Augusta Raurica spektralanalytisch und zum Teil nass-chemisch untersucht worden (Abb. 48). Leider ist weder dokumentiert noch an allfälligen Beprobungssägespuren ersichtlich, welche Stellen – die Tiegelerkeramik, die äussere Verschleisschicht oder ein Gemenge von Beidem – untersucht worden sind. Eine Interpretation der Ergebnisse fand bisher nicht statt. Es erstaunt, dass im Tiegelmateriel die durch Gebrauch eingebrungenen Buntmetalle (Cu, Sn, Zn, Pb) nur in sehr klei-

nen Mengen oder gar nicht nachweisbar waren. Von den drei Stücken wurde keines durch uns erneut mit Röntgenfluoreszenzanalyse untersucht.

Fazit und offen gebliebene Fragen

Als Fazit der bisherigen archäometrischen Untersuchungen römischer und anderer Schmelztiegel können wir zusammenfassen:

1. Für die Tiegelerkeramik von Augusta Raurica wurden in erster Linie *helle, möglicherweise kaolinitische Tone mit extrem feiner und reichlicher, wohl natürlich im Lehm vorhandener Quarz-«Magerung»* verwendet (rund 95% des Gesamtmaterials)⁵⁰⁶. Davon unterscheidet sich deutlich eine zweite Gruppe von Tiegeln, die aus *grauem bis schwarz* (reduzierend) gebranntem Ton mit auffallend vielen weissen Magerungskörnern (Quarz, auch Feldspat) besteht (restliche ca. 5%). – *Fragestellung*: Welche

500 Czysz 2003, Taf. 38, B661 (= hier Abb. 46,3).

501 Mangin 1981, 216 f. Taf. 52, f und XXIII, 1 (= hier Abb. 46,1).

502 Mothes / Pernot 2008, 416 (ohne Abb.).

503 Chardron-Picault 2007, 42 f. Abb. 30 und 31 (= hier Abb. 46,2).

504 Champion 1916, Taf. 14, 24220 (= hier Abb. 46,6).

505 Rabeisen u. a. 2010, 346 Abb. 8, 125 (= hier Abb. 46,5); S. 347: «... fait penser à des découvertes de creusets fermés à bouchon d'une part, et à des sutures de couvercle de céramique luté à l'argile d'autre part.»

506 Daniela König, die 15 Tiegelfragmente aus Augusta Raurica mineralogisch untersucht hat, charakterisiert die vorherrschende helltonige Tiegelerkeramik (Tongruppe 1) so: Sie «besteht aus einem Ton, welcher in seiner Grundzusammensetzung eine Mischung von kaolinitischem und illitischem Ton aufweist» (König 2015, 228).

Tiegelkeramikgruppen lassen sich im Tiegelmateriale aus Augusta Raurica analytisch feststellen, definieren und eindeutig voneinander trennen? Woher stammen die verwendeten Tiegelrohtone?

2. Die Existenz der – in Augusta Raurica besonders häufig erhaltenen – *zweiten äusseren Tonschicht (Lutum, «Verschleisschicht»)* ist mehrfach beschrieben worden. Ihre Funktion als Isolation, zum Verringern eines Hitzeschocks und als in der Hitze zähflüssig-zusammenklebender Mantel wurde verschiedentlich beschrieben. Auf Basis der in unserem Exkurs zusammengetragenen mittelalterlichen bis neuzeitlichen *Lutum*-Rezepte wurde diese zweite Tiegelschicht hingegen noch nie experimentell nachvollzogen und im Feuer getestet. – *Fragestellung*: Wie setzt sich das *Lutum* chemisch zusammen, wie unterscheidet es sich von der Tiegelkeramik und wie lässt sich seine Rezeptur rekonstruieren?
3. Wegen der oft zu beobachtenden Eindrücke von Werkzeugen, Abdrücke von Holzkohlen und Tropfenbildungen in der äusseren Verschleisschicht muss diese bei Erreichung der Betriebstemperatur der Tiegel zähflüssig geworden sein. – *Fragestellung*: Wie bewährt sich eine *Lutum*-Schicht über einem Tiegel in der Praxis und welche Veränderungen erfährt sie im Schmelzfeuer?
4. Schlacken in und auf Schmelztiegeln liegen meist in Form dünnschichtiger Verglasungen vor, die oft grau, aber auch auffallend grünlich oder rötlich sein können. – *Fragestellung*: Wie setzen sich diese Glasuren zusammen, lassen sich deren Farben mit einzelnen Metallen korrelieren und welche metallurgischen Prozesse lassen sich allenfalls daraus erschliessen?
5. Die einstigen metallischen Inhalte, d. h. die Legierungen, wurden bisher gelegentlich aus Gusstropfen und -spritzern erschlossen, erstarrte «Bodensätze» und andere Spuren in der Tiegelkeramik sind hingegen kaum analysiert⁵⁰⁷. – *Fragestellung*: Welche Elemente schlagen sich intensiv und welche nur in geringsten Spuren in der Tiegelkeramik und im *Lutum* nieder, welche in Augusta Raurica erschmolzenen Legierungen lassen sich qualitativ an Spuren in Tiegeln nachweisen?
6. Die Frage nach den einst in einem Tiegel erschmolzenen Legierungen sollte wenn immer möglich durch Analyse von *Metall*tropfen, metallischen Bodensätzen und anderen Resten erfolgen (z. B. Abb. 49; 50; 52), da in den verglasten Tiegelüberzügen und -schlacken und vor allem im Tiegelton Blei und Zink übervertreten sind⁵⁰⁸. – *Fragestellung*: Welche in Augusta Raurica erschmolzenen Legierungen lassen sich quantitativ an Metallresten in Tiegeln nachweisen?

Computertomographische Untersuchungen zum Tiegelaufbau

Einige wenige Schmelztiegel und -fragmente konnten am Paul Scherrer-Institut PSI in Villingen/AG mittels 3D-Röntgen und 3D-«Neutron Imaging» durchstrahlt und untersucht werden⁵⁰⁹. Während die Röntgenmethode vor allem dichte Metalle (Blei, Gold usw.) gut anzeigt, lassen sich mittels Neutronenstrahlen *besonders Elemente wie Wasserstoff, Chlor, Mangan, Silber* usw. sichtbar machen. Eine Kombination beider Methoden mit entsprechender Einfärbung der Schnittbilder führt zu aussagekräftigen Objektquerschnitten, ohne die Originale aufsägen zu müssen (Abb. 49; 50; 52). Die *grün* gefärbten Stellen bezeichnen dabei besonders starke Abschwächungen im Neutronenstrahl (z. B. organische Verbindungen), *rot* zeigt besonders helle Flecken in den Röntgenbildern (z. B. Blei, Gold) und *gelb* sind Partien, die bei beiden Methoden stark anzeigen (z. B. Bronze, Silber).

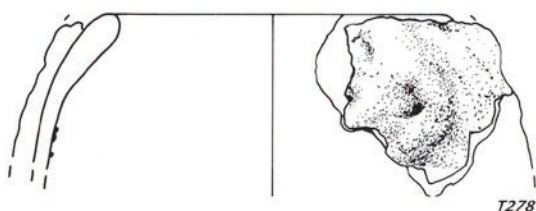
Tieglfragmente des «Normaltyps» im Schnittbild

Abbildung 49: Am detailliertesten soll auf das Randstück eines mittelgrossen Tiegels **T278** mit leicht verdicktem Rand von 70 mm Durchmesser eingegangen werden, da er sowohl mit Röntgen- als auch mit Neutronen-CT untersucht worden ist. Er ist aussen mit einer verschlackten Verschleisschicht versehen, und schon mit blossen Auge sind kleine Bronzetröpfchen aussen und innen erkennbar. In den Durchstrahlungsschnittbildern werden folgende Details erkennbar: 1. Die äussere Schlackenschicht unterscheidet sich in ihrer blasigen Struktur sehr stark vom kompakten Tiegelscherben; 2. Stellenweise kann sich die Schlackenschicht von der äusseren Tiegelwandung etwas abgelöst haben (gegen den Tiegelrand zu); 3. Kleinste Metalltröpfchen haben sich nicht nur im Tiegellinnern

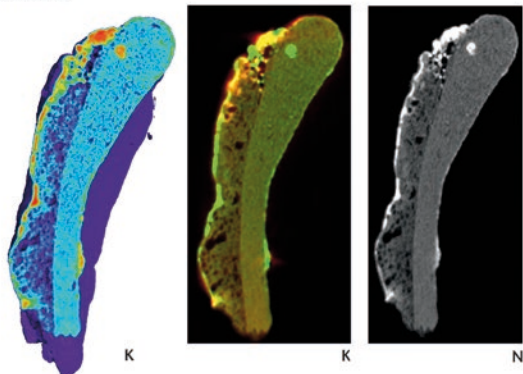
507 Zu Möglichkeiten und beeinflussenden Faktoren Bayley u. a. 1991, 397.

508 Bayley / Barclay 1990, 176 f. («The proportions of various metals in the slag do not directly reflect their proportions in the original alloy being melted.»); in dieser Frage wegleitend und durch Experimente erhärtet: Kearns u. a. 2010. – Es gibt allerdings Fälle ohne Metallreste in Tiegeln, in denen seltene Legierungen nur in den Schlacken resp. Verglasungen nachweisbar sind, wie zum Beispiel der Silbernachweis in **T42** (Abb. 89; Tabelle 1). Erstaunlicherweise (und ganz im Gegensatz zu unseren Experimenten 7–9 [Abb. 127–146]) konnten Schreiner u. a. 2003, 272, gar keine Metallreste in ihren Experimentiertiegeln nachweisen («None of the alloy elements could be found in any part of the ceramic material, neither at the contact zone nor further inside. Even where a droplet adhered to the surface of the crucible, the clay itself was metal-free.»).

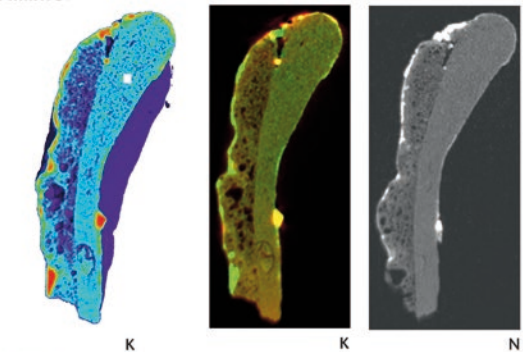
509 Ich danke Eberhard Lehmann für seine Bereitschaft, Röntgen- und Neutronenmessungen von einigen Tiegeln aus Augusta Raurica (Abb. 22; 49–52) und Schlacken sowie einer Tongussform an seinem Labor im PSI durchzuführen, und David Mannes für die gute Zusammenarbeit und Bereitstellung diverser Durchstrahlungsbilder.



Schnitt A:



Schnitt B:



Schnitt C:

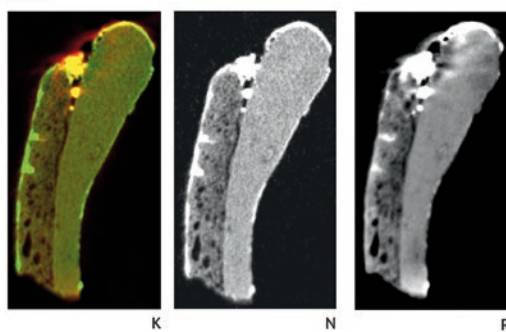


Abb. 49: Augusta Raurica, Tiegelrandstück **T278**. Querschnitte durch Tiegelrand und äussere Schlackenschicht an verschiedenen radial-vertikalen Schnittebenen. R = 3D-Röntgen; N = 3D-Neutron Imaging; K = kombinierte und kolorierte Darstellung. M. 1:1 (Zeichnung oben ohne M.).

abgelagert, sondern auch auf und in der äusseren *Lutum*-Schicht; 4. Die punktuelle Rotfärbung in den blauen Kombinationsschnitten (Abb. 49, Mitte links) spricht dafür, dass diese Tröpfchen Blei (oder sogar Gold) enthalten; 5. Die gelben Punkte sind normale Bronzetröpfchen; 6. das *Lutum* zeigt bei diesem Stück eine einzige aussen aufgetragene Verschleisschicht.

Abbildung 50: Tiegelwandstück **T448** mit regelmässig aufgetragener Verschleisschicht aussen. Die 28 horizontal angelegten computertomographischen Schnitte zei-

gen 1. ein stark blasiges *Lutum* mit unzähligen grossen und kleinen Gasbläschen; 2. einen einzigen *Lutum*-Auftrag; 3. mehrere kleinste Metalltröpfchen sowohl auf der Tiegelinnenseite als auch innerhalb der Verschleisschicht; 4. Im *Lutum* (beim bunten Kombinationsbild in der Bildmitte) grüne Punkte, die auf organische Einschlüsse schliessen lassen; 5. in der unteren Hälfte auf der Tiegelinnenseite eine nach unten dicker werdende «Engobe» (weisse Schicht im Schnittbild), die als bewusst eingebrachter Auftrag interpretiert wird und auch auf der Fotografie der Innenseite deutlich als dunkel-graugüne «Glasurschicht» erkennbar ist; 6. im Kombinationsschnitt rote, grüne und gelbe Zonen in oder auf dieser inneren Engobe, was auf Bronze resp. Blei schliessen lässt.

Abbildung 51: Das Randstück **T580** eines grossen Tiegels weist aussen ein besonders dickes *Lutum* mit verschlacktem «Verschleissmaterial» auf. Die computertomographische Untersuchung ergab – was mit dem Auge kaum erkennbar ist – einen Aufbau desselben in *zwei* Schichten. Die auffallend horizontale Begrenzung der beiden äusseren Schichten auf Höhe des Tiegelrandes legt nahe, dass in diesem Fall nicht nur die Tiegelwand geschützt, sondern mit demselben Material auch wiederholt eine Auflagefläche für einen *Deckel* über der Tiegelmündung auflutiert worden ist.

Kleiner Tiegel mit Griffflasche im Schnittbild

Abbildung 22: Der schon oben beschriebene kleine Tiegel (Taf. 25, **T851**) gab dank der Computertopographie seinen Aufbau bis ins Detail preis. Die an sich typbestimmende Griffflasche ist hier eine *sekundäre* Zutat, die erst zusammen mit dem äusseren *Lutum*-Mantel aufmodelliert worden ist! Im Horizontalschnitt (Abb. 22,j) ist zudem erkennbar, wie der Tiegel im Schmelzfeuer weich und etwas deformiert wurde. Dies könnte darauf hinweisen, dass man das heisse Gefäss – obschon eigentlich die Griffflasche hierfür vorgesehen wäre – mit einer Zange am Gefässbauch gepackt, aus dem Feuer genommen und dabei etwas zusammenge-drückt hat.

Kleiner handgemachter Schälchentiegel im Schnittbild

Abbildung 52: Wie bei den kleinen offenen Tiegelchen üblich weist auch dieses Stück kein aussen aufgetragenes *Lutum* auf. Der Schälchentiegel **T867** ist handgemacht. Der Ton muss starker Hitze ausgesetzt gewesen sein, wie die vielen blasigen Poren im Innern des Tiegelscherbens zeigen. Die Differenzierung der Neutronen- und Röntgen-Tomographie (in drei Kombinationsschnitten Abb. 52, unten) ergibt im äusseren, unteren Bereich des Tiegelchens zahlreiche grüne Zonen von vermutlich organischen Einschlüssen sowie einige gelbe Punkte, die kleinste Bronzetröpfchen anzeigen.

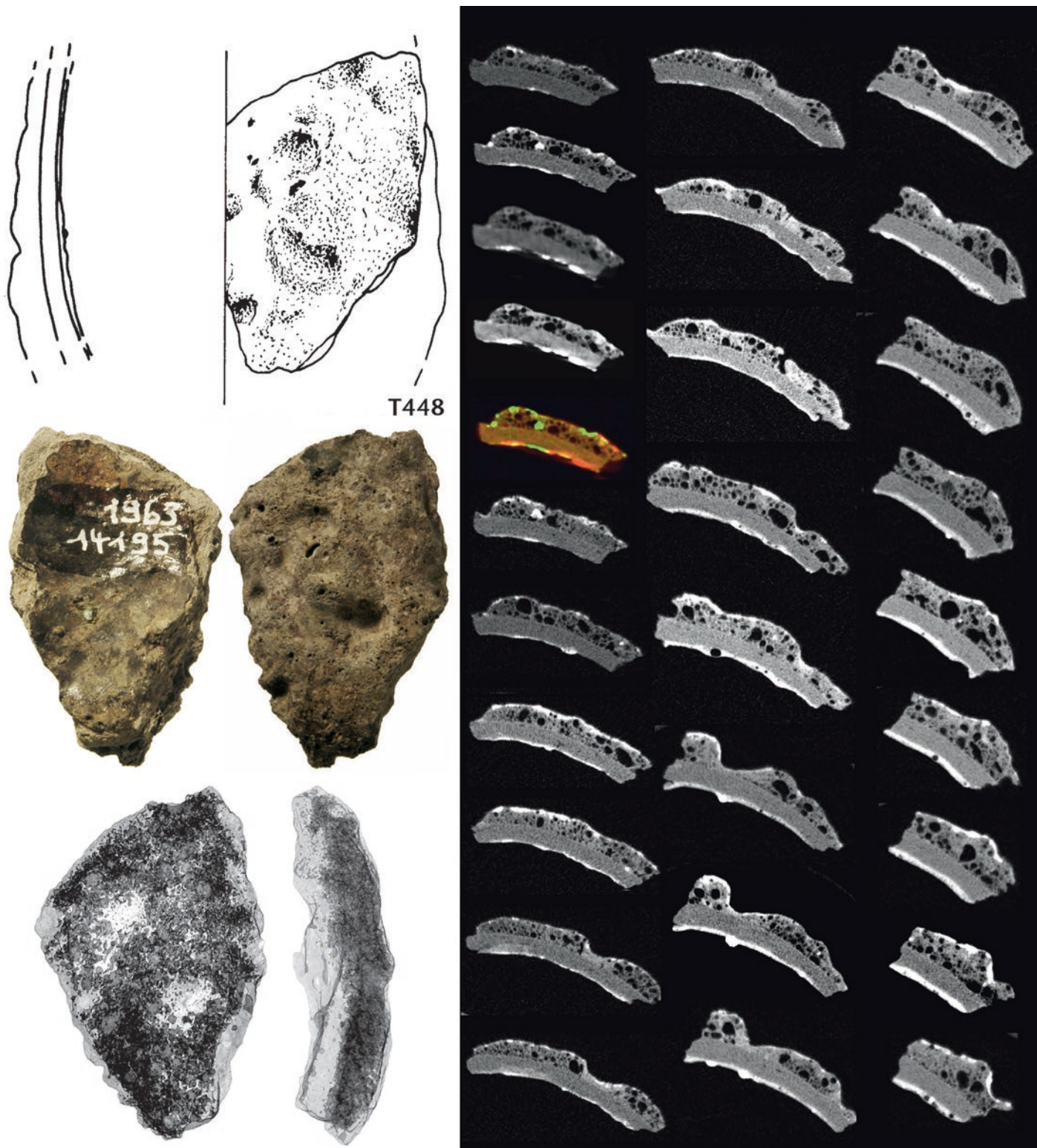


Abb. 50: Augusta Raurica, Wandfragment des Tiegels **T448**. Links Zeichnung, Fotos der Innen- und Aussenseite sowie CT mit projizierten Hohlräumen; rechts eine durchgehende Serie von 28 computertomographischen parallelen Schnitten (von oben nach unten im Fragment). Der eine farbige Schnitt hebt die rechnerisch zwischen der Röntgen- und Neutronenaufnahme hervorgehobenen Metallkonzentrationen hervor. M. 1:1.

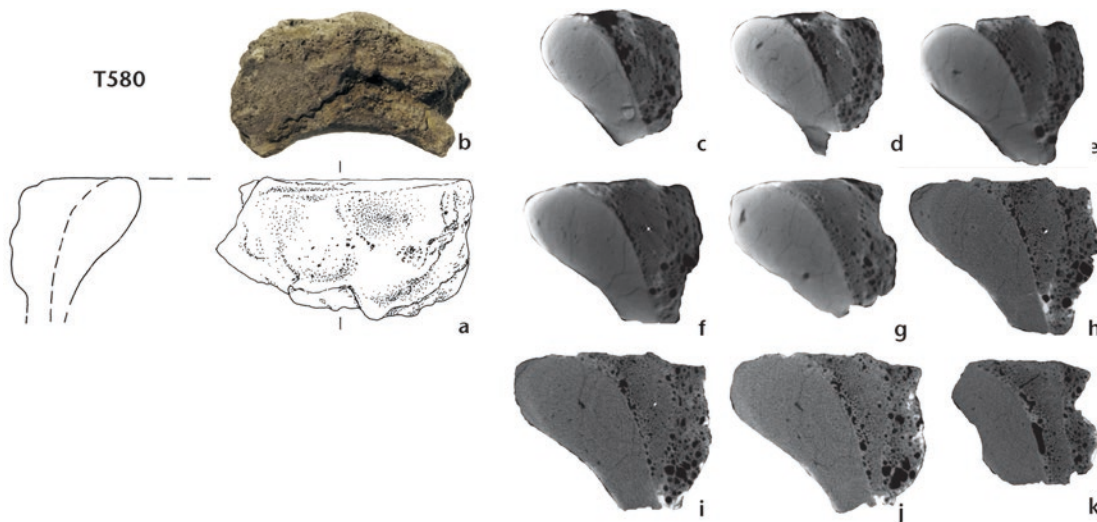


Abb. 51: Augusta Raurica, Tiegelrandstück **T580**: a Zeichnung, b Aufsicht, c–k Aufbau des dicken Lehmauftrags, sichtbar gemacht in neun CT-Schnitten. Das bündig mit der Tiegelmündung abgestrichene Lutum ist ein Hinweis auf einen einst aufgekitteten flachen Deckel (Abb. 28). M. 1:2.

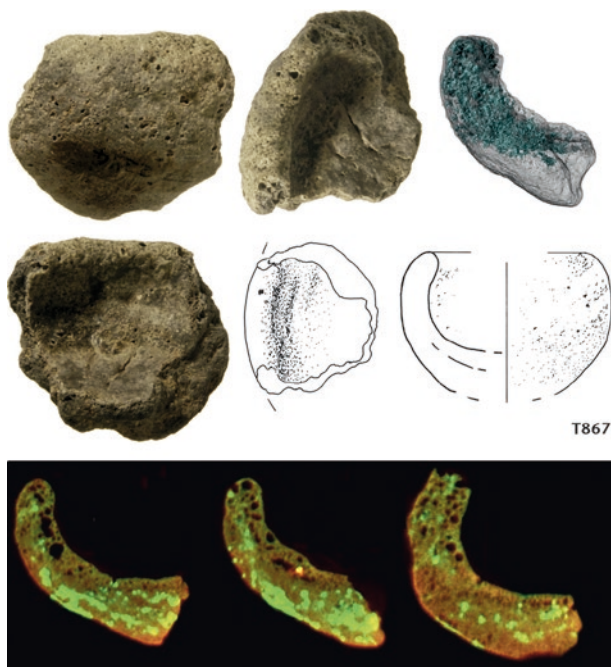


Abb. 52: Augusta Raurica, kleiner schälchenförmiger Tiegel **T867** in Fotos, Zeichnung und Neutronen- / Röntgen-CT-Durchstrahlungsbildern (oben rechts mit projizierten Hohlräumen, unten drei Schnitte mit rechnerisch hervorgehobenen Metallkonzentrationen (vgl. Abb. 49). M. 1:2..

Geochemische Charakterisierung der Tiegelkeramik aus Augusta Raurica

(MARKUS HELFERT)

Untersuchung der Tiegelgefäße

Von den 188 innerhalb des Projekts mit der P-ED-RFA (engl. pXRF) im Mining-Modus durchgeführten Messungen an keramischen Fundobjekten wurden insgesamt 67 Tiegel und Tiegelfragmente für deren geochemische Charakterisierung verwendet⁵¹⁰. Es handelt sich dabei einerseits um acht Messungen an frischen Schnittflächen, die bei der Prä-

paration der Tiegelproben im Rahmen der Untersuchungen von Daniela König entstanden⁵¹¹, und andererseits um 59 Messungen an frisch erzeugten Bruchflächen. Die Schnittflächen und Brüche der Tiegelfragmente eigneten sich besonders zur geochemischen Analyse, da hierbei im Gegensatz zu den weiteren 87 Oberflächenmessungen im Wesentlichen das Kernmaterial des Scherbens analysiert wurde.

Gleichwohl sind mit Ausnahme der 17 untersuchten, unbenutzten Tiegel aus Insula 19 (vgl. Tabelle. 1; Taf. 4–6, **T124–T187**) fast alle übrigen Stücke mehr oder weniger stark mit Metallen der in den Gefäßen geschmolzenen Legierungen und durch das Holzkohlefeuer kontaminiert, wodurch die Elemente Cu, Sn, Zn, Pb, Ni und Cr nicht für die Charakterisierung und Herkunftsbestimmung verwendet werden können. Zudem kann trotz sorgfältiger Probenvorbereitung nicht ausgeschlossen werden, dass neben der eigentlichen Tiegelkeramik auch geringe Reste des *Lutums* oder Krusten auf der Tiegellinnenseite mitgemessen wurden. Die Angabe der Hauptelemente geschieht in Gewichtsprozenten ihrer Oxide (Gew.-%), die der Spurenelemente in parts per million (ppm). Eisenoxid wird als Gesamteisen (Fe_2O_3) vorgelegt. Für die Datenauswertung wurden die neun gemessenen Hauptelemente in ihrer Summe jeweils auf 100 Gew.-% normiert.

Aufgrund der bereits am Auguster Fundmaterial optisch und haptisch feststellbaren verschiedenen Tiegelerigenschaften (Abb. 2) war zu vermuten, dass sich diese auch in unterschiedlichen geochemischen Gruppen spiegeln. So wurde das Datenmaterial explorativ nach möglichen vorhandenen Gruppen statistisch analysiert. Die Auswertung

⁵¹⁰ Helfert/Furger 2017, 175–179 Abb. 1–5.

⁵¹¹ König 2015, 223.

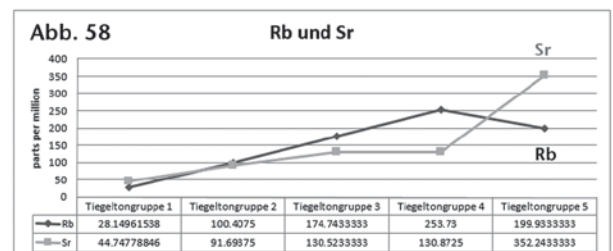
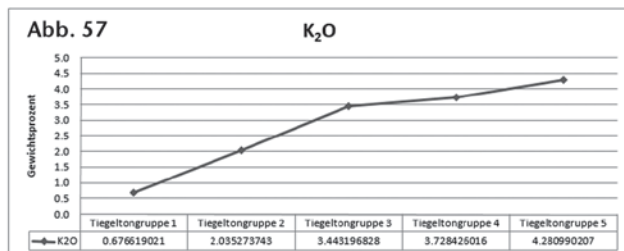
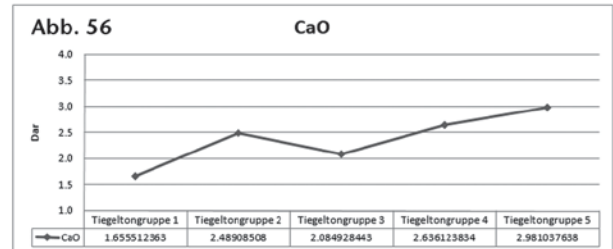
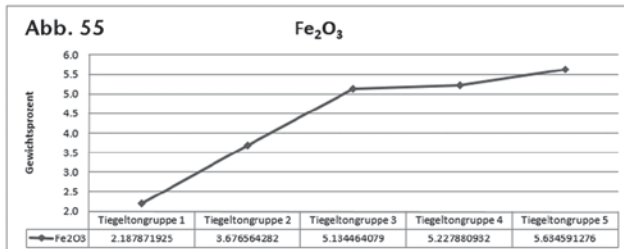
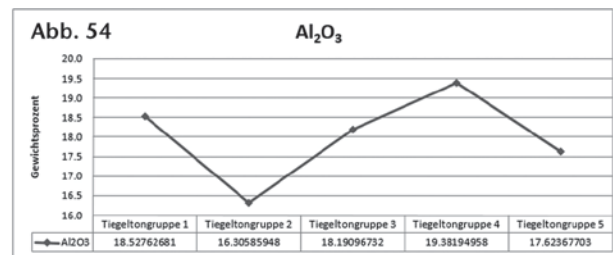
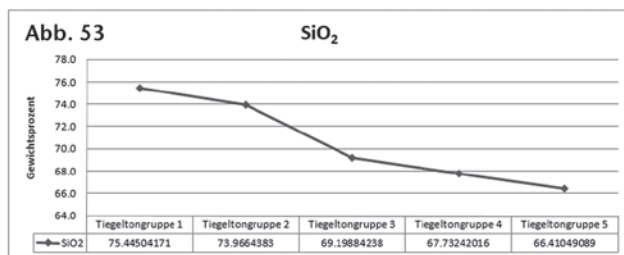


Abb. 53–58: Darstellung der Mittelwerte der für Augusta Raurica definierten Tiegeltongruppen 1–5 für die Elemente Silizium, Aluminium, Eisen, Kalzium, Kalium, Rubidium und Strontium.

der chemischen Elementkonzentrationen erfolgte anhand von Histogrammen und bivariaten Streudiagrammen. Dabei wurden alle Haupt- und Spurenelemente systematisch einander gegenüber gestellt, stets unter Berücksichtigung möglicher Messabweichungen, die durch eine Kontamination der Proben verursacht sein können. Als *gruppen-trennend* erwiesen sich im Verlauf der Auswertung neben Silizium und Aluminium die Elemente Eisen, Kalzium, Kalium, Rubidium und Strontium. In den Abbildungen 53 bis 58 sind die Gruppenmittelwerte dieser sieben Elemente als Übersicht dargestellt.

Die analysierten Tiegelfunde sind als *fünf* deutlich voneinander abgrenzbare geochemische *Gruppen* differenzierbar, die in den folgenden Abschnitten vorgestellt werden. In einem zweiten Schritt wurde anhand der definierbaren Tiegelgruppen versucht, weitere Tiegelproben mit Messungen, die lediglich auf den Oberflächen erfolgten, den fünf Gruppen zuzuweisen. Insgesamt gelang dies für 35 Tiegel. Darüber hinaus wurde überprüft, ob eventuell mehr als die fünf erkannten Gruppen vorhanden sind. Dies hat sich jedoch nicht bestätigt. Jedoch zeigte sich an den übrigen Datensätzen von Oberflächenmessungen an benutzten Tiegeln, wie stark der Einfluss der Metallkontamination sein kann, der in den meisten Fällen zu einer Überprägung der ursprünglichen geochemischen Elementkonzentrationen des Tiegeltons führt. In Tabelle 1 sind sowohl die Analyseergebnisse aus den Messungen mittels P-ED-RFA für die Proben wiedergegeben, die an Schnitten und Brüchen er-

stellt wurden, als auch die den Tongruppen zuweisbaren Oberflächenmessungen.

Folgende generelle Charakteristika sind für die fünf Tiegeltongruppen feststellbar:

Die SiO_2 -Gehalte nehmen von Gruppe 1 zu Gruppe 2 von fast 76 Gew.-% auf rund 66 Gew.-% ab (Abb. 53). Die Al_2O_3 -Konzentrationen zeigen keinen Trend (Abb. 54). Sie schwanken zwischen rund 16 und 19 Gew.-%. Auffällig ist Tongruppe 2 mit einem ca. 2 Gew.-% geringeren Al_2O_3 -Anteil als die übrigen Gruppen. Ein deutlich ansteigender Trend von Gruppe 1 zu 5 ist für die Fe_2O_3 -Konzentrationen feststellbar (Abb. 55). Der Anstieg umfasst insgesamt rund 3 Gew.-%. In einem geringen Bereich von 1,5 Gew.-% bewegen sich die Mittelwerte von CaO (Abb. 56). Ähnlich wie beim Fe_2O_3 ist auch für die K_2O -Gehalte ein deutlicher Anstieg von Tongruppe 1 zu 5 zu verzeichnen (Abb. 57). Die Konzentrationen liegen zwischen rund 0,5 Gew.-% und fast 4,5 Gew.-%. Fast linear und in klaren Schritten von ca. 50 ppm steigen die Rb-Konzentrationen an (Abb. 58). Lediglich Gruppe 5 zeigt eine abweichende Tendenz. Für die Sr-Gehalte kann ebenfalls ein stufenweiser Anstieg verzeichnet werden, wobei Gruppe 5 mit 350 ppm Strontium rund 200 ppm höhere Werte aufweist als die übrigen Tongruppen (Abb. 58).

Tiegeltongruppe 1

Die erste geochemisch definierbare Tiegeltongruppe beruht auf 52 Proben, von denen Messungen an frischen

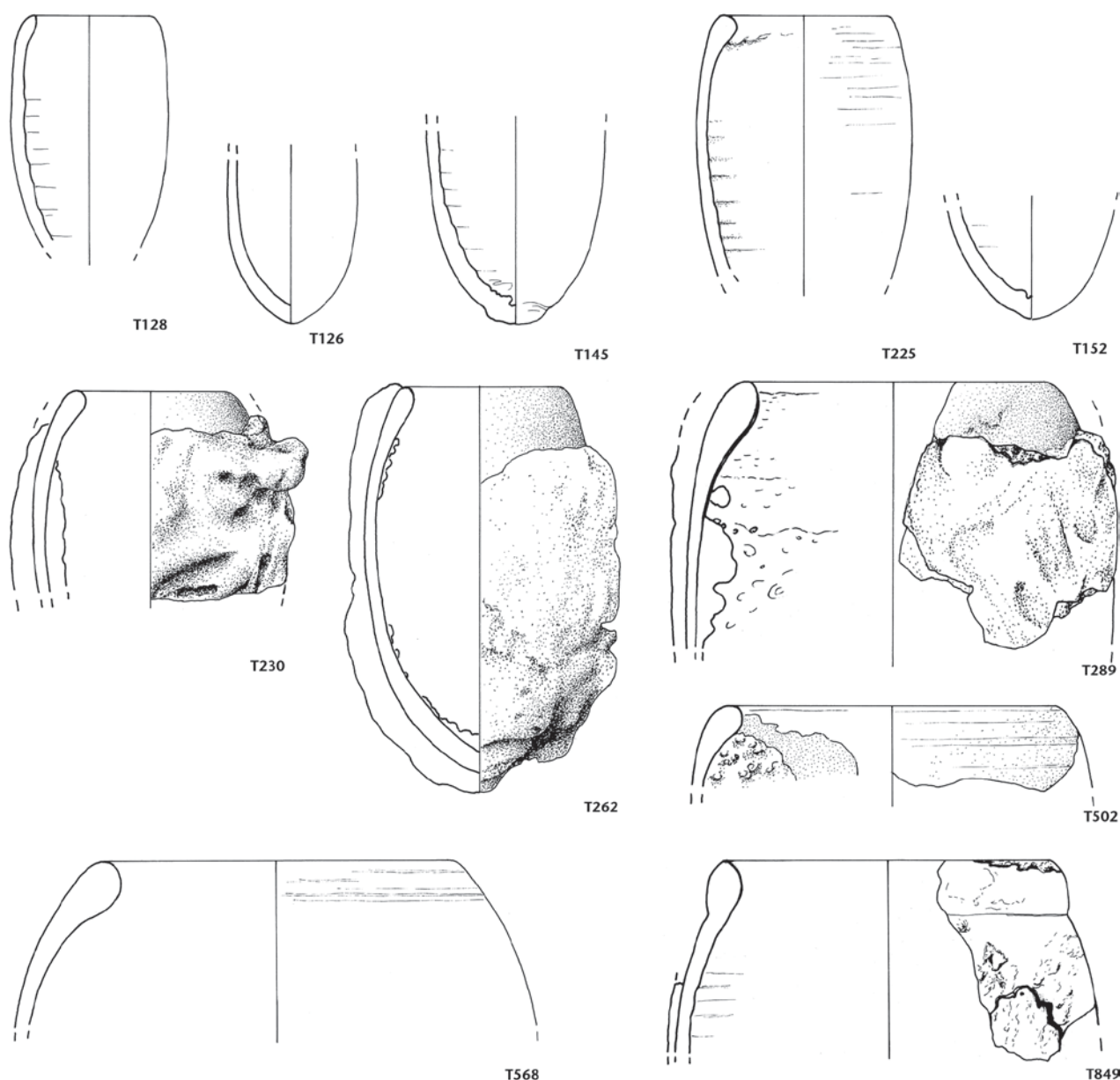


Abb. 59: Augusta Raurica. Tiegelkeramik der Tongruppe 1 (repräsentative Auswahl, nur gesicherte Beispiele), spuren-chemisch ist die Tongruppe 1 identisch mit den Proben TON 359–370 von Châtelat/BE, Stelle E, im Jura (Abb. 73, Lagerstätte 47; Abb. 74, Fundstelle 47). M. 1:2.

Brüchen oder Schnittflächen vorliegen (Auswahl Abb. 59). Zwanzig weitere Tiegel können dieser Gruppe anhand von Oberflächenmessungen zugeordnet werden. Der für die Herstellung der Tiegel dieser Gruppe verwendete Ton wird zunächst durch einen sehr hohen SiO_2 -Gehalt von rund 75 Gewichtsprozenten charakterisiert. Die Al_2O_3 -Konzentrationen betragen im Mittel um ca. 18 Gew.-% und liegen somit in einem ähnlichen Bereich wie die anderen vier Tiegeltongruppen, wobei die Streuung der Einzelwerte für Gruppe 1 sowohl für SiO_2 als auch für Al_2O_3 etwas geringer ausfällt (Abb. 60). Die Tiegeltongruppe 1 ist von den übrigen eindeutig durch die niedrigen Fe_2O_3 -Gehalte (rund 2,2 Gew.-%), CaO -Gehalte (rund 1,6 Gew.-%) und K_2O -Gehalte (rund 0,7 Gew.-%) abgrenzbar. Hinzu kommen die ebenfalls niedrigen Konzentrationen der Elemente Rubi-

dium mit im Durchschnitt 28 ppm und Strontium mit 45 ppm (Abb. 61).

Im Vergleich mit den innerhalb des Projekts zusammengestellten und zum grössten Teil mit der P-ED-RFA geochemisch analysierten Tonen (Tabelle 3) ist das Material der Tiegeltongruppe 1 als sogenannte *Huppererde* zu identifizieren, wie sie beispielsweise in Lausen/BL oder Aedermannsdorf/SO vorkommt⁵¹². Huppererden sind feuerfeste tonige Sande, die eine weissliche oder gelblich-graue Farbe aufweisen⁵¹³. Im Fall der Tiegeltongruppe 1 ist die Scher-

512 Siehe S. 142f. und 146; zu Aedermannsdorf vgl. Maggetti/Galetti 2000, 104 ff.

513 Murawski/Meyer 2010, 74.

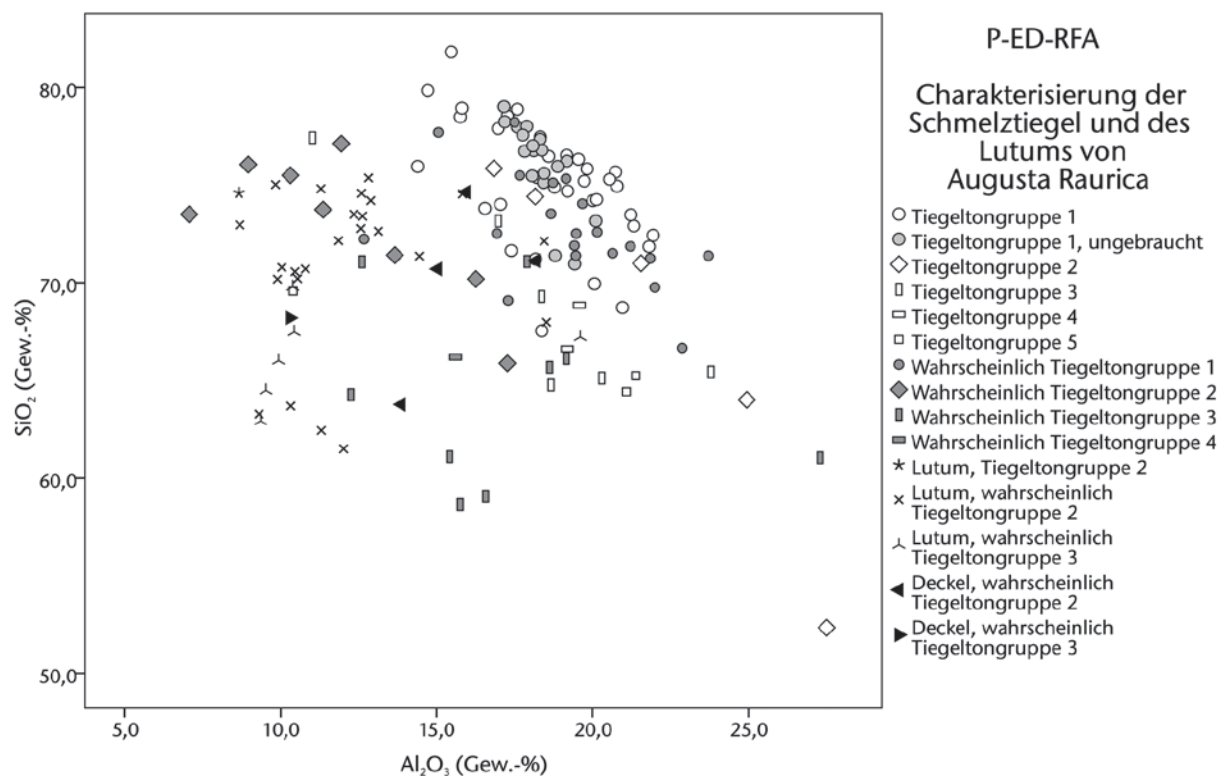


Abb. 60: Streudiagramm der Anteile $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mit den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica.

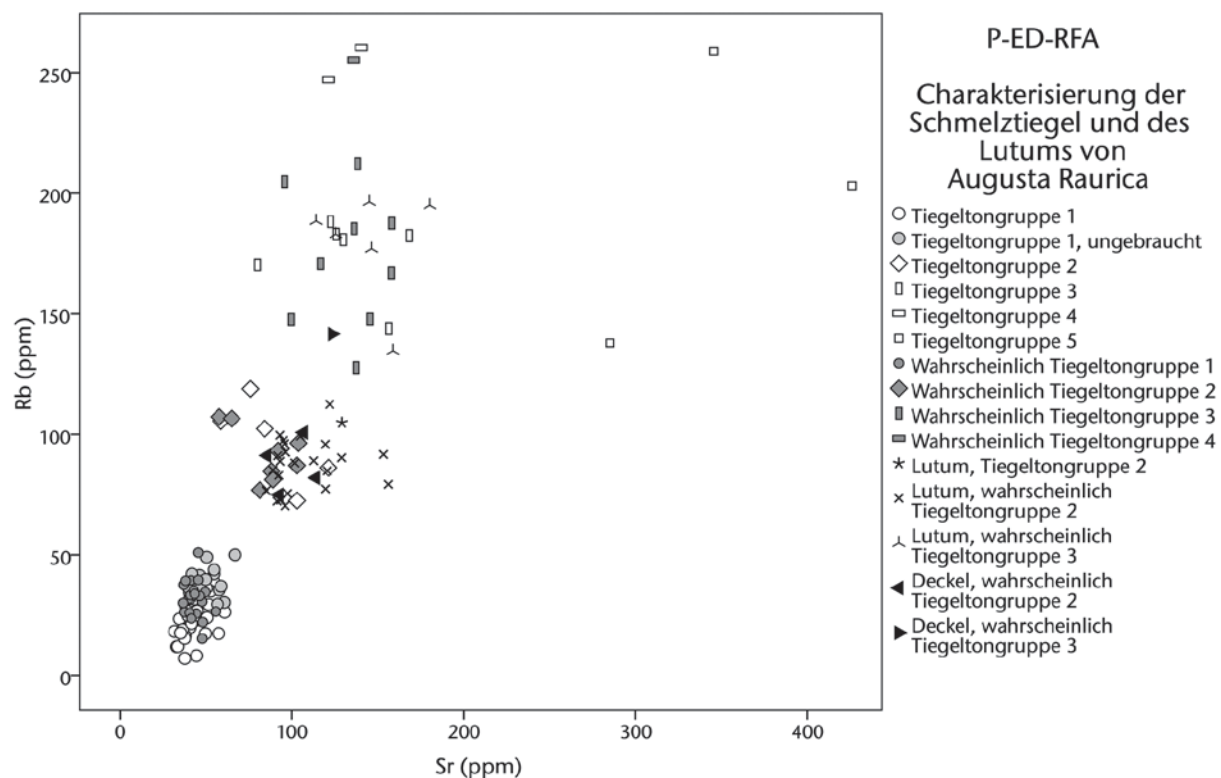


Abb. 61: Streudiagramm der Anteile Rb/Sr mit den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica.

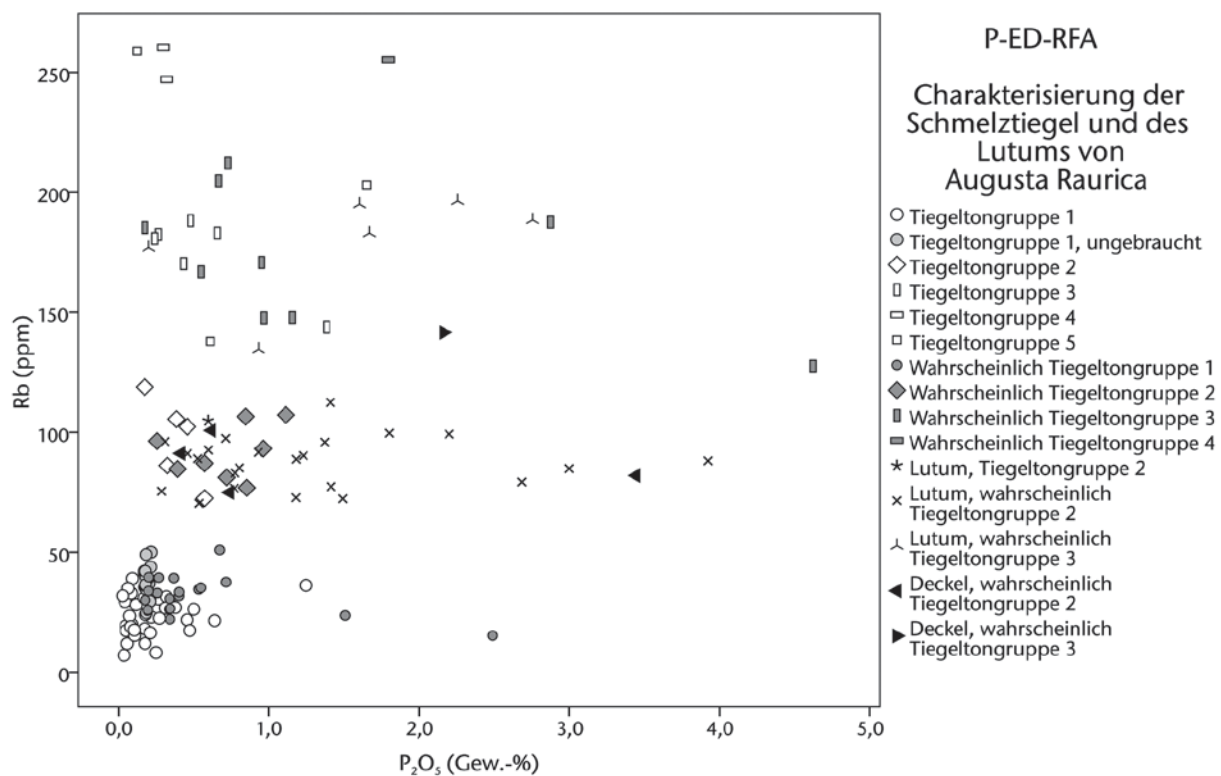


Abb. 62: Streudiagramm der Anteile Rb / P_2O_5 mit den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica.

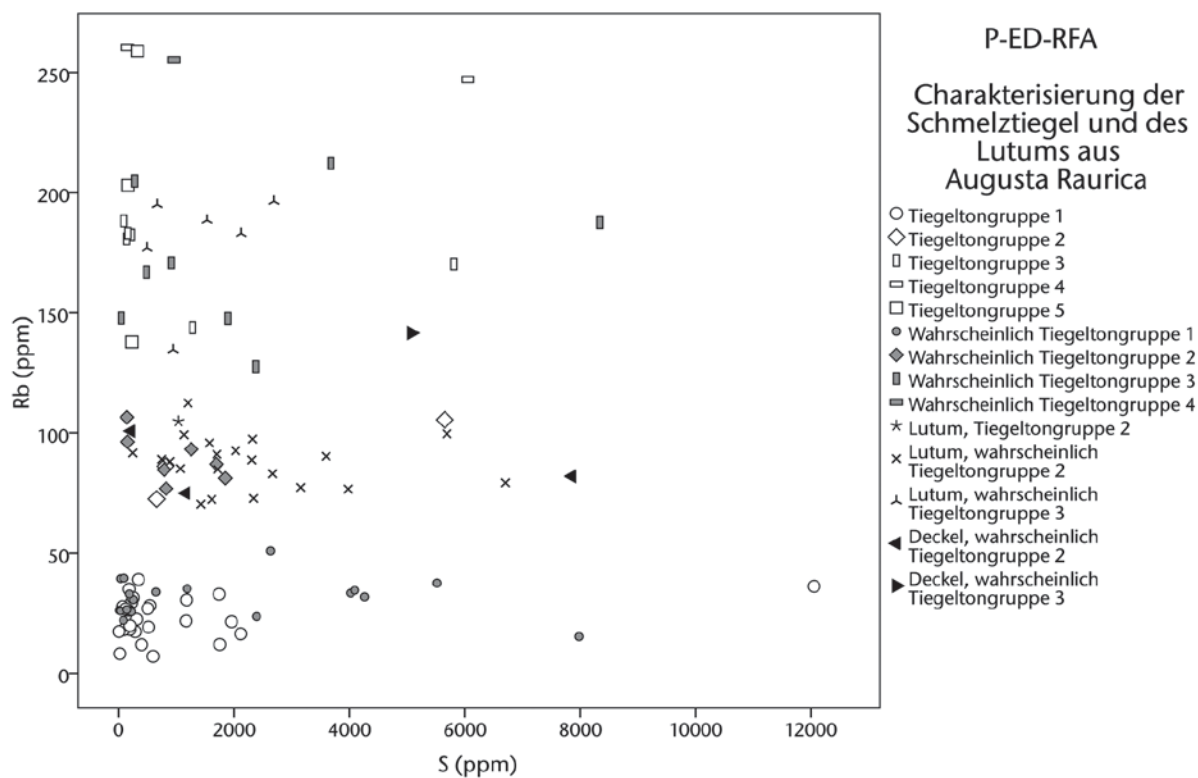


Abb. 63: Streudiagramm der Anteile Rb / S mit den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica.

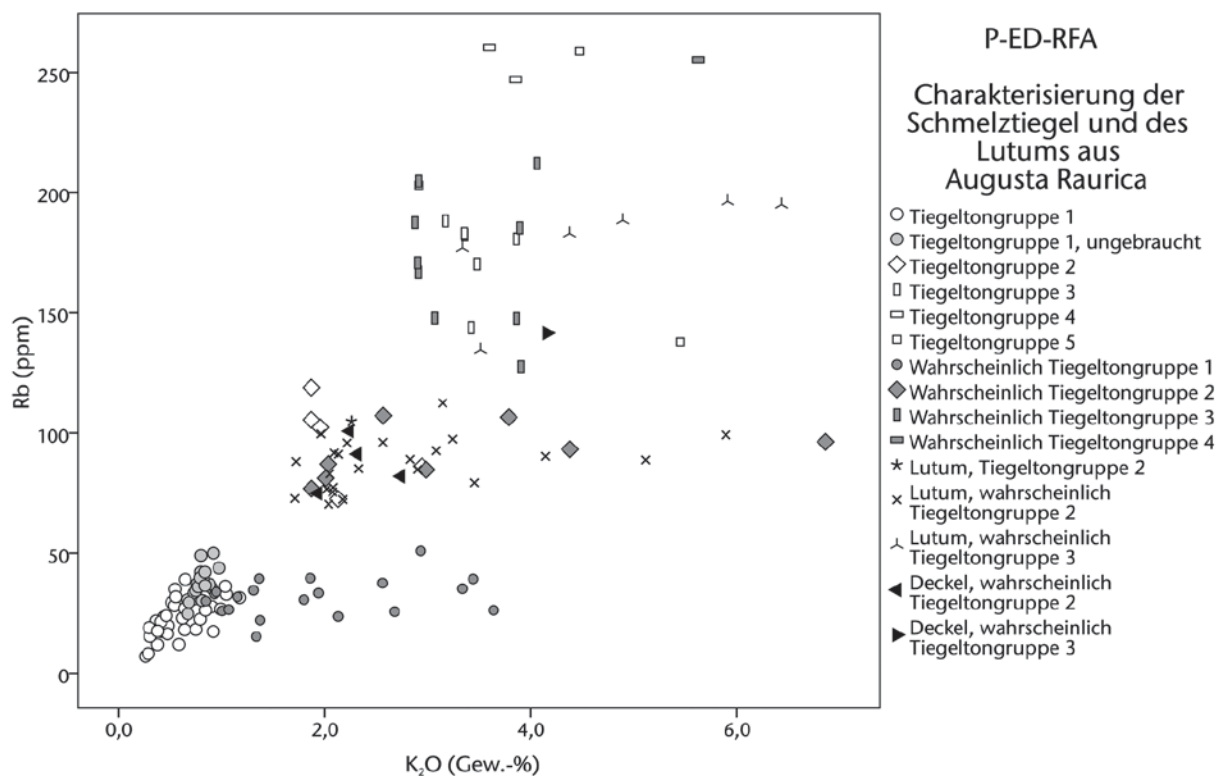


Abb. 64: Streudiagramm der Anteile Rb / K_2O mit den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica.

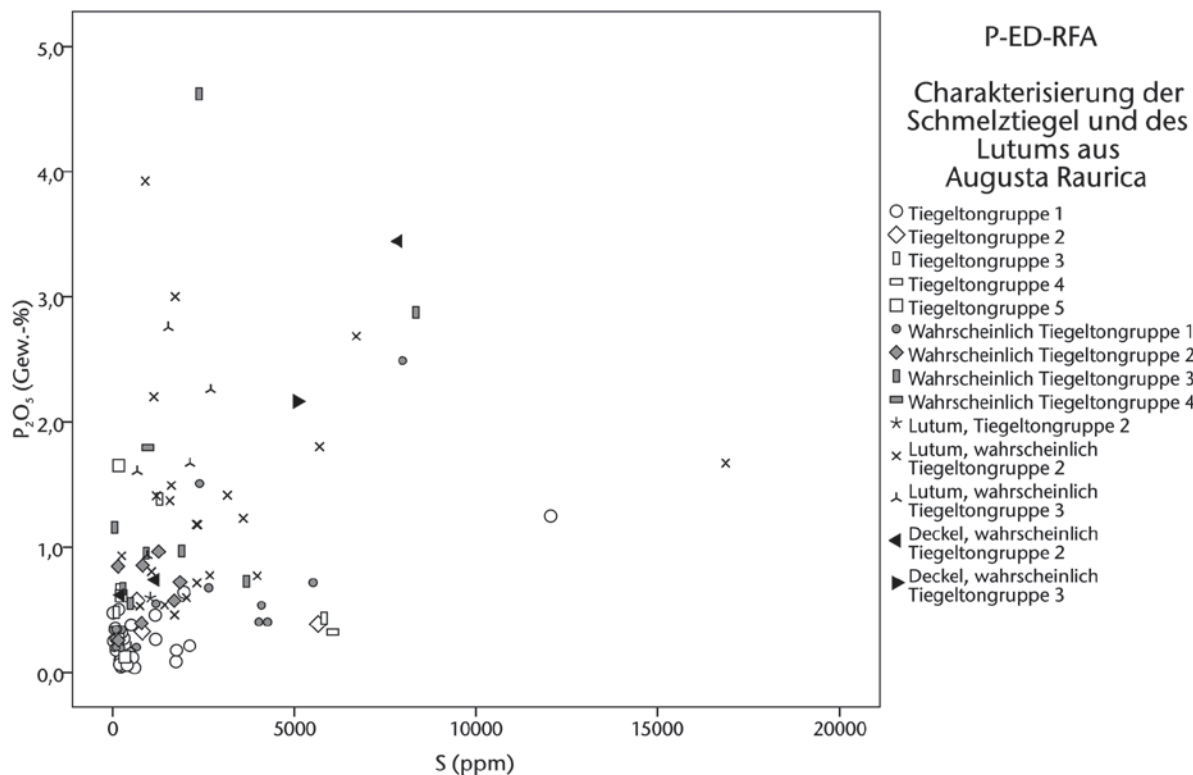


Abb. 65: Streudiagramm der Anteile P_2O_5 / S mit den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica.

benfarbe bei den unbenutzten Stücken aus Insula 19 aufgrund des höheren Eisengehaltes – anders als dieser in der Regel für Huppererden mit unter einem Gewichtsprozent vorkommt – eher als Hellbeige oder Hellbraun anzusprechen (vgl. Abb. 71).

Die 52 Proben, welche die Tiegeltongruppe 1 definieren, bilden in bivariaten Diagrammen durch die geringe Streuung der Elementkonzentrationen stets eine dichte Punktwolke. Geochemisch gesehen, ist die Gruppe derart *homogen*, dass angenommen werden kann, dass hinter den Daten wahrscheinlich eine *einzig*e Tonlagerstätte steht. Aufgrund der Messungen an frischen Brüchen, bei denen geringe Reste der Gefäßoberflächen mitgemessen werden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass Kontaminationen des Tiegeltones nicht nur durch die im Gefäß geschmolzenen Metalle vorliegen, sondern auch durch das aussen flächig aufgetragene *Lutum*. Zur Klärung dieses Sachverhalts sind die augenscheinlich unbenutzten und unlutierten Tiegel aus Insula 19 von besonderem Interesse, da sich an diesen ein eventueller Unterschied aufzeigen lässt. Während der Eintrag von Zink in den Scherben für die meisten genutzten Tiegel der Gruppe 1 nachweisbar ist, fallen hingegen bei den zwanzig analysierten, unbenutzten Exemplaren drei Proben mit deutlich erhöhten CaO-Konzentrationen zwischen rund drei und sechs Gew.-% auf. Da auf den Oberflächen dieser Stücke keine Spuren eines Überzugs erkennbar sind, scheint sich in den höheren Konzentrationen durchaus eine kalkreichere Untergruppe zu spiegeln. Ob es sich hierbei um eine anderes Tonband oder eine Mischung verschiedener Tone der gleichen Lagerstätte handelt, muss offen bleiben.

Kontaminationen durch das Metallschmelzen, den *Lutum*-Auftrag oder durch das Holzkohle-(Knochen-) Feuer⁵¹⁴ liegen im weiteren Vergleich zwischen unbenutzten und genutzten Tiegeln für die drei Elemente Phosphor, Schwefel und Kalium vor (Abb. 62–64). Die Konzentrationen für Schwefel können sechs bis zehn Mal höher liegen als die in den ungenutzten Tiegeln im Mittel vorhandenen 1000 ppm. Auch die Gehalte von Phosphor und Kalium sind mitunter um das Acht- bis Zehnfache der normalen Konzentrationen der Tiegelkeramik (0,2 Gew.-% für Phosphor [Abb. 161] und 0,8 Gew.-% für Kalium [Abb. 65]) erhöht. Aus der Streuung der Messwerte in Abbildung 65 ist zudem zu schliessen, dass es offenbar zwei unterschiedliche Zuschlagstoffe sind, welche die Einträge von Phosphor und Kalium verursachen (s. oben mit Anm. 329 und unten S. 202 mit Abb. 115).

Die Tiegeltongruppe 1 macht mit 52 sicheren chemischen Zuweisungen (von insgesamt 68 Messungen) den *Löwenanteil* von 76,5% der analysierten Tiegeltone aus. Der effektive Anteil der Tongruppe 1 ist aber, wie wir oben gesehen haben (mit Abb. 2), noch höher: Berücksichtigt man den Gesamtbestand der Tiegel aus Augst und Kaiseraugst und die Tatsache, dass die für die Tongruppen 2–5 typische Quarzmagerung, verbunden mit einer grauen bis an-

thrazitfarbenen Matrix nur etwa 5% des Gesamtmaterials ausmachen (Abb. 2), so darf extrapoliert werden, dass der Löwenanteil der Tiegel, rund 95% des eiförmigen «Normaltyps», aus importiertem Ton der Tongruppe 1 hergestellt und vermutlich als Fertigprodukte nach Augusta Raurica verkauft worden sind.

Tiegeltongruppe 2

Eine zweite Tongruppe ist mit insgesamt zwölf zuweisbaren Tiegeln (Auswahl Abb. 66) von der ersten aufgrund einer deutlich anderen geochemischen Zusammensetzung unterscheidbar. Lediglich vier Proben waren am frischen Bruch messbar. Für die übrigen acht liegen Messungen an der Oberfläche vor, so dass nicht auszuschliessen ist, dass Kontaminationen durch das ursprünglich anhaftende *Lutum* auftreten können. Die Silizium-Gehalte weisen mit Ausnahme der Probe **T582** (starke Eisenkontamination mit 11% Fe₂O₃) für die übrigen drei Messungen am frischen Bruch Werte zwischen 71 und 76 Gew.-% auf und liegen damit in einem Bereich, wie er auch für Tongruppe 1 charakteristisch ist. Gemeinsam mit den Tiegeltongruppen 3 bis 5 weist die Tongruppe 2 Fe₂O₃-Konzentrationen um 5 Gew.-% und CaO-Gehalte zwischen 2 bis 3 Gew.-% auf. Aufgrund der niedrigen CaO-Konzentrationen sind die Tone noch als kalziumarm einzustufen⁵¹⁵. Gegenüber der Tongruppe 1 mit rund 0,7 Gew.-% K₂O weist Gruppe 2 deutlich höhere Konzentrationen um 2,0 Gew.-% auf.

Die zwölf Tiegel der Tongruppe 2 unterscheiden sich von Gruppe 1 nicht nur durch systematisch höhere Fe₂O₃-Konzentrationen, sondern auch durch Rb-Gehalte zwischen 72 und 118 ppm und Sr-Gehalte von 58 bis 129 ppm (Abb. 61). Geochemisch betrachtet, ist Gruppe 2 nicht so homogen wie Gruppe 1. Dies liegt zum einen an einer viel stärkeren Beeinflussung durch Kontaminationen, besonders der Hauptelemente Kalium und Phosphor (vgl. Abb. 62 und 64), und zum anderen an der makroskopisch sichtbaren Magerung mit Quarzsand bis 1 mm Korngrösse (Abb. 82, **T863.T873**; 124, Tongruppe 2; Rekonstruktion Abb. 113, 11 und 150). Auf die Zuweisung der Tiegeltongruppe 2 zu einem Tonvorkommen wird später eingegangen.

In die *gleiche* geochemische Gruppe 2 fallen insgesamt 25 beprobte *Lutum*-Reste, die sich auch auf Tiegeln

514 Phosphor, Kalium und Kalzium sind in Experiment 12 auf dem Tiegel angereichert. – Carole Mothes und Michel Pernot vermuten sogar, der erhöhte Phosphorgehalt in Tiegeln resp. Deckeln sei auf das Beimischen von Knochenasche in den Tiegeltone zurückzuführen (Mothes/Pernot 2008, 414 Tab. 4 [«la cendre d'os qui est parfois utilisé comme ingrédient dans la préparation des terres des métallurgistes»]). – Noch weiter gehen Jeremy P. Northover und Natalie A. Palk (2000, 396 f. Tab. 56; 402; 416), die bereits relativ geringe Phosphorwerte in Schälchentiegeln als Aschekupellen interpretieren (s. oben mit Anm. 86).

515 Maggetti/Galetti 1982, 111.

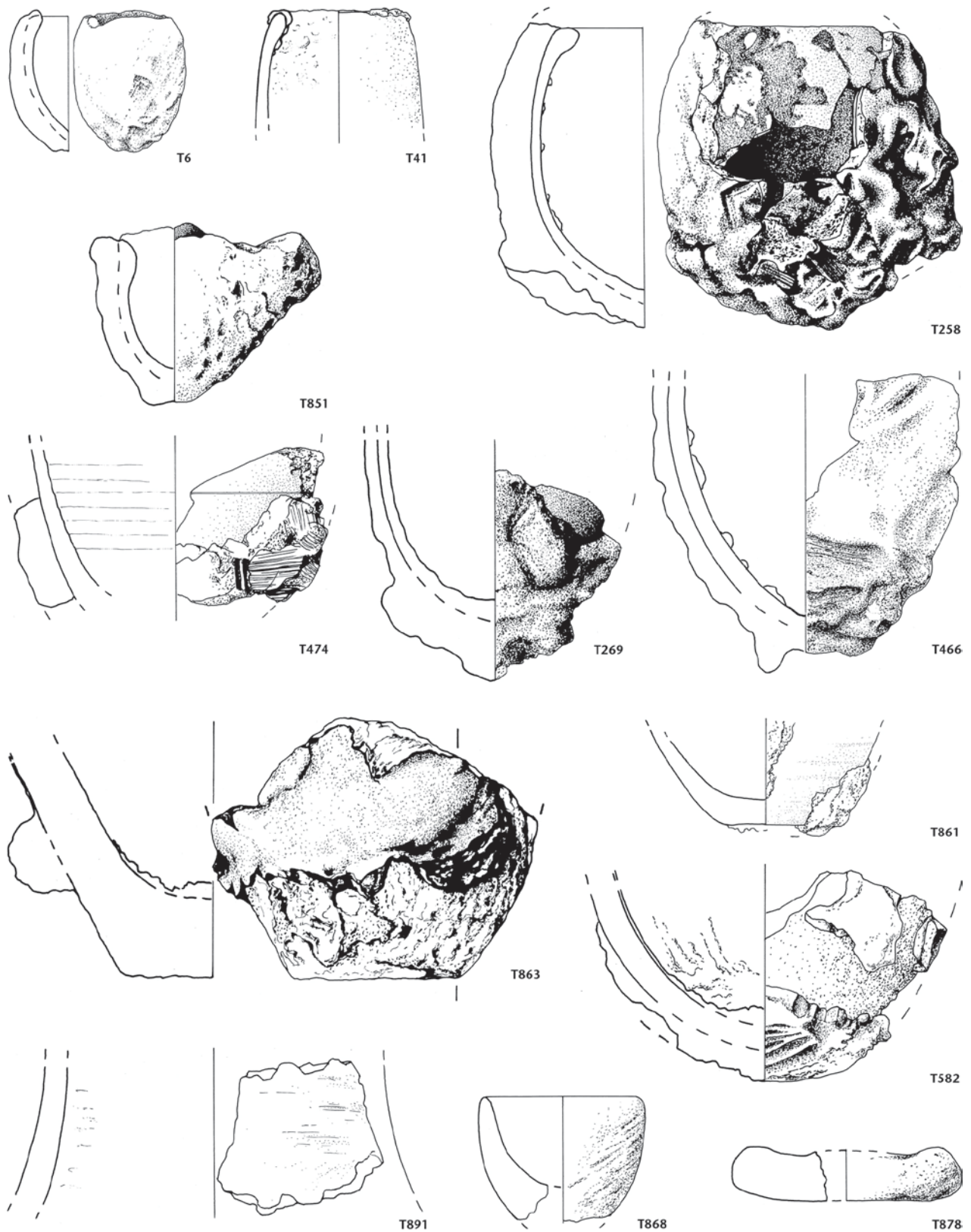


Abb. 66: Augusta Raurica. Tiegelkeramik und Deckel der Tongruppe 2 (repräsentative Auswahl). Die drei Exemplare links oben (**T6.T41.T851**) und die zwei unten rechts (**T868.T878**) gehören «wahrscheinlich» zu Tongruppe 2, allen anderen sicher. Spuren-chemisch ist die Tongruppe 2 identisch mit den Proben TON 060–064 von Kaiseraugst-Zelglihof (Abb. 73, Lagerstätte 3; Abb. 74, Fundstelle 3). Zur selben Tongruppe 2 gehören auch die schweren neuzeitlichen Tiegel Taf. 28, **T873.T874**. M. 1:2.

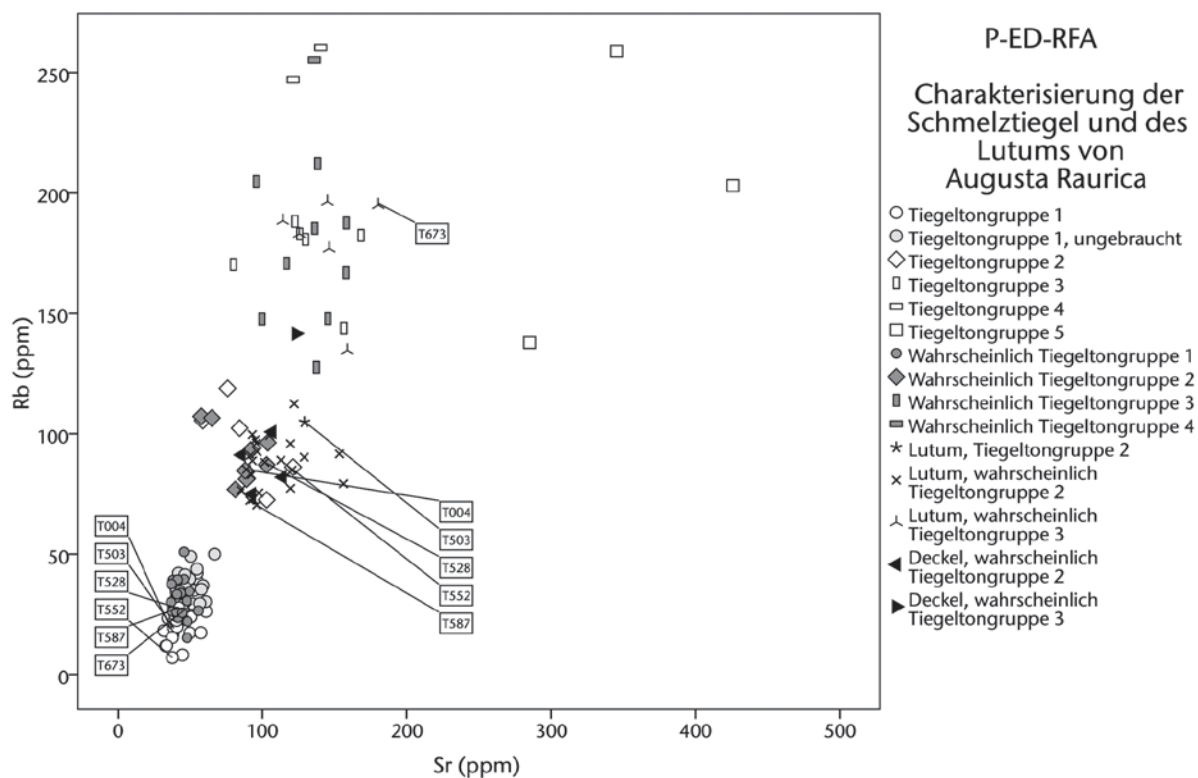


Abb. 67: Streudiagramm der Anteile Rb/Sr an den Schmelztiegeln, Lutum-Proben und Deckeln aus Augusta Raurica. Mit den Katalognummern (in Kästchen) sind die Tiegel hervorgehoben, die aus Tiegeltongruppe 1 getöpft und mit einem Lutum aus Tiegeltongruppe 2 überzogen sind.

der Gruppe 1 befanden (!) (**T004**, **T503**, **T528**, **T552**, **T587**, **T673**). Aufgrund der unverkennbar divergenten geochemischen Zusammensetzungen beider Tongruppen ist nachgewiesen, dass bei den Schmelztiegeln in Augusta Raurica die äussere «Verschleisschicht» aus einem *anderen* Tonmaterial bestand, das *nach* der Produktion der eigentlichen Tiegel aufgebracht wurde. Auch hinsichtlich der Messwertstreuung innerhalb der Gruppe und der Kontamination mit Kalium und Phosphor verhalten sich die Tiegel aus Tongruppe 2 und die *Lutum*-Proben aus der gleichen Gruppe identisch (Abb. 67 sowie Abb. 62 und 64).

Den Tiegeln und den *Lutum*-Proben aus Tongruppe 2 sind drei *Deckel* an die Seite zu stellen, die offenbar als Verschluss von Schmelz- oder Zementationstiegeln dienten (Abb. 28, **T878**, **T880**, **T881**; ausführlich S. 177 f.). Ihre geochemische Zusammensetzung entspricht denjenigen vier Tiegelsexemplaren, die am frischen Bruch gemessen werden konnten. Hierdurch ist eine eindeutige Verbindung zwischen der Herstellung von Tiegeln der Gruppe 2, der *Deckel* und der Verfügbarkeit von *Lutum* zum Auftragen auf die Schmelztiegel feststellbar. Hinzu kommt, dass *auch Gussformen aus Augusta Raurica in die Tiegeltongruppe 2 fallen*. Dies spricht dafür, dass innerhalb der Werkstätten im täglichen Handwerksbetrieb entsprechend *gleiches* Tonmaterial zur Verfügung stand.

Tiegeltongruppe 3

Sechs Tiegel der Tongruppe 3 konnten am frischen Bruch analysiert werden. Ähnlich wie zuvor bei Gruppe 2 sind die insgesamt zuweisbaren 12 Tiegel aus Tongruppe 3 (Auswahl Abb. 68) durch abermals deutlich höhere Rb-Konzentrationen (143 bis 188 ppm) und leicht erhöhte Sr-Gehalte (80 bis 168 ppm) charakterisiert (Abb. 61). Leicht höhere Konzentrationen gegenüber Tongruppe 2 liegen für Fe₂O₃ mit 5,1 Gew.-% und K₂O mit 3,4 Gew.-% vor. Zu dieser Gruppe gehören zudem insgesamt sechs *Lutum*-Proben und 1 *Deckel*.

Bei dem *Deckel* handelt es sich um das gleiche Objekt **T878**, von dem zwei Analysen eindeutig in Tiegeltongruppe 2 liegen⁵¹⁶. Die Verbindung zwischen den Gruppen aufgrund des *Deckels* ist ein starkes Indiz dahingehend, dass die Tongruppe 3, aber auch die Gruppen 4–5 aus dem *gleichen* Ausgangston bestehen, ihnen jedoch unterschiedliche Magerungsmittel – vor allem Sande – zugesetzt wurden (vgl. auch Anm. 570).

⁵¹⁶ Die drei an *Deckel T878* (Taf. 29) durchgeführten Analysen sind (Tabelle 1): Messung 1978_24302_a = *Deckel-Oberseite am Rand* = Tongruppe «3?»; Messung 1978_24302_b = *Deckel-Unterseite* = Tongruppe «2?»; Messung 1978_24302_c = *Deckel im Bruch* = Tongruppe «2».

Tiegeltongruppe 4

Gerade drei Tiegel bilden die Tongruppe 4 (Auswahl Abb. 69). Zwei der Stücke konnten am frischen Bruch gemessen werden, beim dritten (**T688**) wurde eine Innen-

engobe erfasst. Die kleine Gruppe ist eine dichte, homogene Einheit mit Werten für Rb von 247 bis 260 ppm und Sr von 121 bis 140 ppm (Abb. 61). Die Eisengehalte sind in der Tendenz etwas höher als diejenigen der Gruppe 3. Ebenso verhält es sich für Kalium.

Tiegeltongruppe 5

Auch Tongruppe 5 besteht lediglich aus drei Proben (Abb. 70), wovon bei einer (**T862**) die innen aufgetragene Lehmkruste erfasst ist. Gegenüber der Tongruppe 4 streuen die Proben aus Gruppe 5 sehr stark mit Rb-Werten von 138 bis 259 ppm und Sr-Werten zwischen 285 und 426 ppm (Abb. 61). Der SiO_2 -Gehalt ist im Mittel mit 66,4 Gew.-% der niedrigste aller fünf Tongruppen. Demgegenüber sind die Fe_2O_3 - (5,64 Gew.-%), CaO- (2,98 Gew.-%) und K_2O -Gehalte (4,28 Gew.-%) deutlich die höchsten.

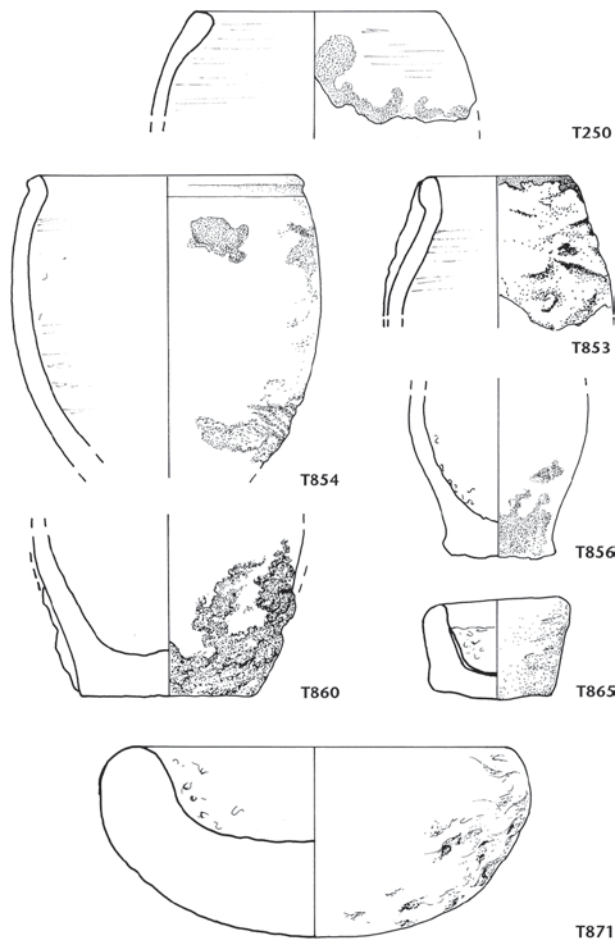


Abb. 68: Augusta Raurica. Tiegelkeramik der Tongruppe 3. Die beiden Exemplare **T856** und **T865** gehören «wahrscheinlich» zu Tongruppe 3, allen anderen sicher. Spuren-chemisch ist die Tongruppe 3 keiner Lehmagerstätte zuweisbar. **T871** stammt aus einem frühmittelalterlichen Fundzusammenhang in Kaiseraugst. M. 1:2.

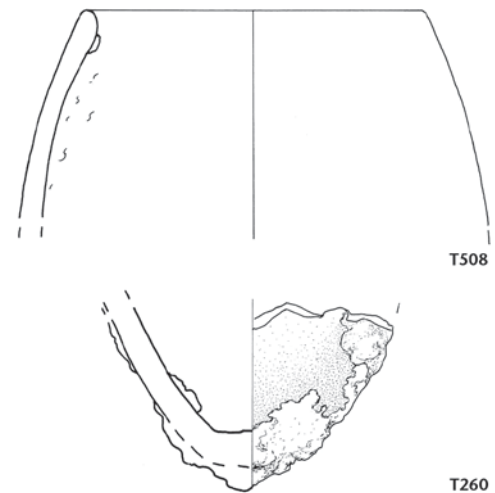


Abb. 69: Augusta Raurica. Tiegelkeramik der Tongruppe 4 (nur gesicherte Beispiele). Spuren-chemisch ist die Tongruppe 4 keiner Lehmagerstätte zuweisbar. M. 1:2.

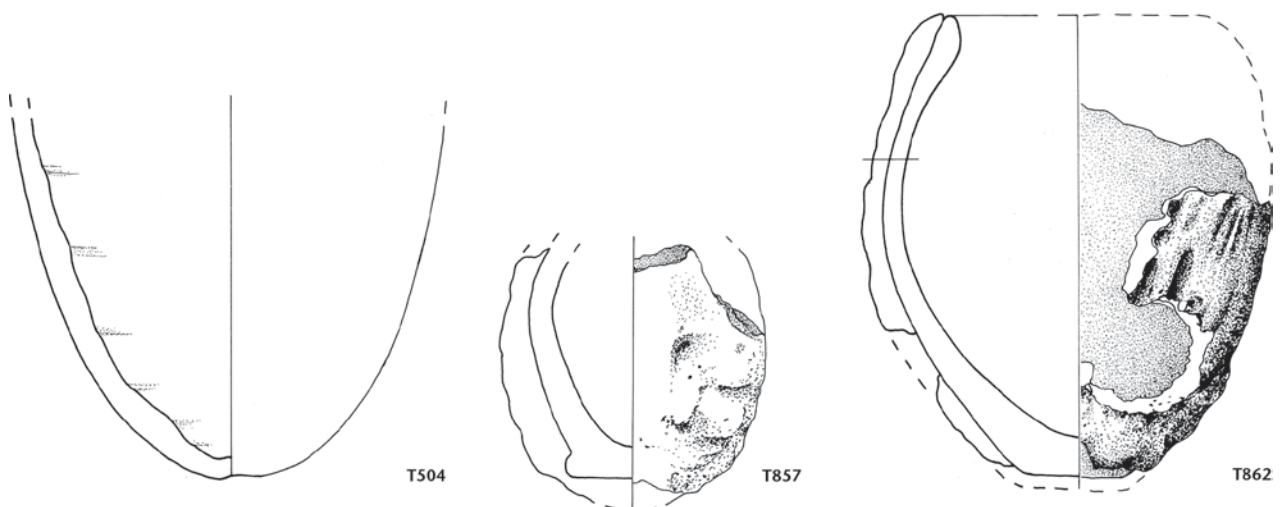


Abb. 70: Augusta Raurica. Tiegelkeramik der Tongruppe 5 (nur gesicherte Beispiele). Spuren-chemisch ist die Tongruppe 5 keiner Lehmagerstätte zuweisbar. M. 1:2.

	Tongruppe 1	Tongruppe 2	Tongruppe 3	Tongruppe 4	Tongruppe 5
Farben:					
hellgrau	28	2		0	0
hellbeige	3	0		0	0
hellbraun-hellgrau	1	1		0	0
graubeige	7	0		0	0
beige	4	0	1	0	1
beige-grau	16	0		0	0
rötlichbeige, rötlichgrau	2	1		0	0
rotbraun, graubraun	3	1	1	1	0
grau	3	0	3	1	1
anthrazit, dunkelgrau	0	8	4	0	1
schwarz	0	0	1	0	0
Körnung:					
fein	45	3	1	0	0
sandig	20	1	1	0	1
grobsandig	0	1	1	0	0
viel grobe Quarzmagerung	0	1	7	2	3
feine Quarzmagerung	2	2	1	0	0
Verbrannt (dunkel)	6	1	0	0	0

Abb. 71: Die subjektiv in der Katalogbeschreibung erfassten Angaben zur Tonfarbe und Körnung, sortiert nach den Tongruppen 1–5 (nur Tiegelerkeramik, keine Lutum-Messungen von Tabelle 1 berücksichtigt). Die Werte in Abb. 2 sind zu weniger Einheiten zusammengefasst.

Optisch-farbliche Überprüfung

Im Tiegelerkatalog sind *Farbe und Körnung* der Tiegeltöne – noch in Unkenntnis der chemisch ermittelten Tongruppen – beschrieben. Sortiert man diese optisch-beschreibenden Angaben nach den Analyseergebnissen, so lässt sich die Tongruppe 1 durchaus auch makroskopisch von den übrigen Gruppen unterscheiden (Abb. 71): Tongruppe 1 (Importe fertiger Tegel aus der Gegend von Châtelat/BE) ergibt Tegel von hellgrauer und beige-grauer Farbe (seltener graubeige usw.). Tongruppe 2 wird in den meisten Fällen als anthrazitfarben resp. dunkelgrau wahrgenommen (mit der charakteristischen Quarzmagerung). Tongruppe 3, mit nur wenigen Belegen, ist ähnlich Tongruppe 2, möglicherweise zu graubeige-rötlich tendierend. Von den Tongruppen 4 und 5 liegen zu wenige Stücke zur Farbbeurteilung vor. Abweichungen von diesen «Regeln» sind immer dann festzustellen, wenn ein Tegel durch grosse Hitzeeinwirkung verbrannt und verfärbt ist.

Auch in der Körnung schliessen sich die optischen Beurteilungen der Tongruppe 1 von den übrigen fast aus: Der eine Ton wird fast immer als «fein»-körnig oder (fein-) «sandig» beschrieben; er lässt nie mit blossen Auge Magerungskörner erkennen. Dieser Ton enthält wahrscheinlich nur die dem Tonvorkommen eigene natürliche Beimischung von feinstem Quarzsand ohne weitere bewusste Magerungszuschläge. Die noch nicht lokalisierbaren Ton-

gruppen 3–5 sind hingegen meist deutlich und grob quarzgemagert (Abb. 71), und Tongruppe 2 (Material aus der Gegend Kaiseraugst/AG-Zelglihof) nimmt eine heterogene Mittelstellung ein.

Für feuerfeste Keramik geeignete Töne

Eine in vielen Rezepten erwähnte Faustregel besagt, dass je heller ein Ton ist, desto feuerfester sei die daraus gefertigte Keramik. Dies wird auch durch unsere umfangreiche Tonsammlung und die damit unternommenen Brennversuche bestätigt (Abb. 74). Grund ist der sehr *geringe Eisenanteil* hitzebeständiger Töne: Einerseits würde der Eisengehalt den Ton grau, braun oder gar rot färben, andererseits würde Eisen (wie auch Kalk) als Flussmittel wirken und den Erweichungsgrad hinunter drücken⁵¹⁷.

Dies bestätigen auch unsere Beobachtungen: Die lokale Gebrauchskeramik ist, je nach Brand, entweder grau bis schwarz oder orange bis braun. Die Tegel aus Augusta Raurica bestehen jedoch grösstenteils aus einem *hell-*

517 Zu Rezepten und archäometrischen Beobachtungen mit bewusst zugesetztem Eisen im Tiegelerkerker s. oben mit Anm. 103 und 212. – Kurze Übersicht feuerfester Baustoffe bei Claus/Goederitz 1933, 292.

grauen Ton. Im chronologischen und geographischen Vergleich wird deutlich, dass erst *in römischer Zeit* helle Tone als besonders feuerfest erkannt und zur Herstellung von Schmelztiegeln bevorzugt wurden⁵¹⁸.

Lokale Lehmvorkommen um Augusta Raurica

Die Augster resp. Kaiseraugster Lehmvorkommen (s. unten, Lagerstätten 1 und 2), die in römischer Zeit nachweislich für die Herstellung von *Gebrauchskeramik* genutzt wurden, sind ungebrannt grau oder dunkelbeige oder graubraun und in der Regel nicht extrem hitzebeständig. Die Brenntemperatur der Gebrauchskeramik betrug rund 850–950°C, jene der Tiegel jedoch um 1000–1200°C. Die normalen, dunklen (eisenreichen) Tone würden bei diesen hohen Temperaturen weich und waren daher völlig ungeeignet für Schmelztiegel. Wenn nachweislich dennoch ein solch wenig geeigneter Ton aus Kaiseraugst in den Giesereien für Tiegel, Deckel und Gussformen Verwendung fand (Lagerstätte 3, TON 060–064), liegt das an der optimalen *Magerung*, die dem Ton zur besseren Hitzebeständigkeit zugesetzt worden ist.

Huppererden

Huppererden sind leicht tonige Feinsande, «in reiner Qualität weisslich, grau, bläulich, gelblich, häufig auch durch grösseren Eisengehalt [stark braun oder] rötlich gefärbt. Sie bestehen meist aus 70–90% feinen Quarzkörnern und einem kalkfreien feinpelitischen Bindemittel»⁵¹⁹. Sie sind weniger verbreitet als Bolustone (s. unten), wegen ihrer guten Eigenschaften bis in die Neuzeit jedoch sehr gesucht.

Huppererde kommt im Jura in Taschen vor, meist in Verbindung mit Quarzsand und Bohnerz. Sie bilden nirgends ein bedeutendes Lager, weshalb ihr Abbau oft versiegte und neue Fundorte gesucht werden mussten⁵²⁰.

«Huppererden gehören zum Teil zu den feuerfesten Materialien mit Schmelzpunkten von 1600–1700°C, stärker verunreinigte schmelzen tiefer. Die Brandfarbe ist je nach Eisengehalt weisslich bis rosa. Beim Brennen [nicht mit anderen Tönen vermischter Huppererden] entstehen poröse, dumpf klingende Produkte mit erdigem Bruch und geringer Druckfestigkeit.» Huppertone finden sich in Sedimenttaschen in der Kalkunterlage, oft in Nachbarschaft von Quarzsand- und Bolusvorkommen. Sie werden – oft vermischt mit anderen Tönen – in der Fabrikation von feuerfesten Ofenmaterialien, Steinzeug, Glasuren und als Formsand in Giessereien verwendet⁵²¹.

In einer Arbeit von 1840 wird aufgrund praktischer Misch- und Brennversuche folgendes Rezept für die Tiegelerstellung angegeben: ca. 80% Huppererde, ca. 10% normaler fetter Lehm und ca. 10% Feinsand⁵²².

Mögliche (z. T. von uns beprobte) Vorkommen: Huppererden sind am verbreitetsten im Nordwestschweizer Jura⁵²³ zum Beispiel in Lausen/BL (s. unten, Lagerstätte 11), Aesch/BL (25), Wangen bei Olten/AG, Balsthal & Aedermannsdorf/SO (38–40), Herbetswil/SO, Rickenbach/SO

(51–52), Lengnau/BE (53) und im südwestlichen Jura bei Bonfol/JU (41), Court (42–44), Moutier (45; 47–50) und Bellelay/BE (46) sowie im Chaluët-Tal⁵²⁴. Weitere Vorkommen finden sich im südlichen Schwarzwald bei Steinen (31), Efringen-Kirchen (34), Kandern (35–36), Hertingen und Heimbach (37)⁵²⁵.

Bolustone

Die eigentlichen Bolustone⁵²⁶ sind meist «sehr fett, zähe und ausserordentlich plastisch. Sie sind von tiefroter, braunroter, gelbroter, selten gelblicher oder ausnahmsweise fast weisser Farbe. Sie liegen meist über den bohnerzreichen oder sandreicheren Lagen. ... Übergänge in sandreichere magere Tone sind selbstverständlich häufig. ... Die Bolustone schmelzen infolge Abwesenheit spezieller Flussmittel gewöhnlich recht hoch ..., vereinzelt kann man sie sogar als feuerfest bezeichnen (Schmelzpunkt über 1600° ...).

518 Freestone 1989, 155 («Crucible bodies incorporating clays approaching fireclay quality appear to have become widespread first in the Roman period»).

519 Ich halte mich bei den Beschreibungen von Huppererde und Bolustonen an De Quervain/Gschwind 1934, 272–276 mit Tab. 3. Zur Zusammensetzung der Sande von Moos 1936. – Zu Begriff und Definition von Hupper s. auch Eramo 2006A, 188.

520 Zschokke/Rollier 1907, 19; Fleury 1909, 109–112; Abrecht 1997. – Die um 1907 von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission gesammelten und untersuchten Tonproben sind leider nicht mehr für chemische Nachmessungen greifbar. Ich danke an dieser Stelle Konrad Zehnder für die diesbezüglichen Abklärungen.

521 De Quervain/Gschwind 1934, 271 ff. (Zitat S. 274).

522 Bolley 1850, 523.

523 Bolley 1850 (insbes. Lengnau/BE); Zschokke/Rollier 1907, 4 ff.

524 Schlaich 1934, 5 f. – Die von Eramo 2006A untersuchten acht Huppervorkommen im Chaluët-Tal – vor allem das Vorkommen in Châtelat/JU – erwiesen sich als sehr aufschlussreich und eng verwandt mit unserer Tiegelgruppe 1 (s. unten)! – Ich danke an dieser Stelle Ursule Babey (Archéologie cantonale du Jura), Werner Hug (Aedermannsdorf/SO), Bruno Kaufmann (Heimatmuseum Aesch/BL), Roland Müller (Museum Matzendorf/SO; Beprobungen am 03.08.2012) und Gisela Thierrin-Michael (Institut de Minéralogie, Universität Freiburg/FR) für Auskünfte zu Tonvorkommen im Jura. – Zu Bonfol/JU schreibt G. Thierrin (03.07.2012): «In Bonfol stehen keine Huppererden an; die abgebauten Tone sind ... immer Fe-haltig und nicht feuerbeständig bis 1250°C. ... Allerdings kamen in Bohrungen bei Bonfol weisse Tone zu Tage, die ich jedoch noch nicht analysiert habe: Evtl. handelt es sich dabei um kaolinitreiche Tone (es sind aber auch keine Huppererden, sondern viel jüngere Tone).»

525 Kandern: Zschokke/Rollier 1907, 18; 24; 25. – Heimbach: Die «Heimbacher Erde» muss so treffliche Eigenschaften gehabt haben, dass man sie im 18./19. Jh. in die Fayencefabrik nach Matzendorf/SO importierte und gerne mit den dortigen Lehmen vermischte: Felchlin 1971, 16 f. Abb. 5; 6. Leider sind die dortigen Vorkommen heute nicht mehr zugänglich. – In Südbaden konnte ich auf die grossartige Hilfe zählen von Jürgen Günther (Kandern Feuerfest GmbH; Beprobungen am 23.07.2012), Eduard Hirz (Bagger- und Grubenunternehmen, Steinen/D), Thomas Hügler (Heimbach/D), Joachim Müller (Hertingen/D resp. Calgary/CAN) und Angelika Thein (Heimbach/D).

526 Biringuccio 1540, 38r (zitiert nach Johannsen 1925, 137); Fleury 1909, 113–115.

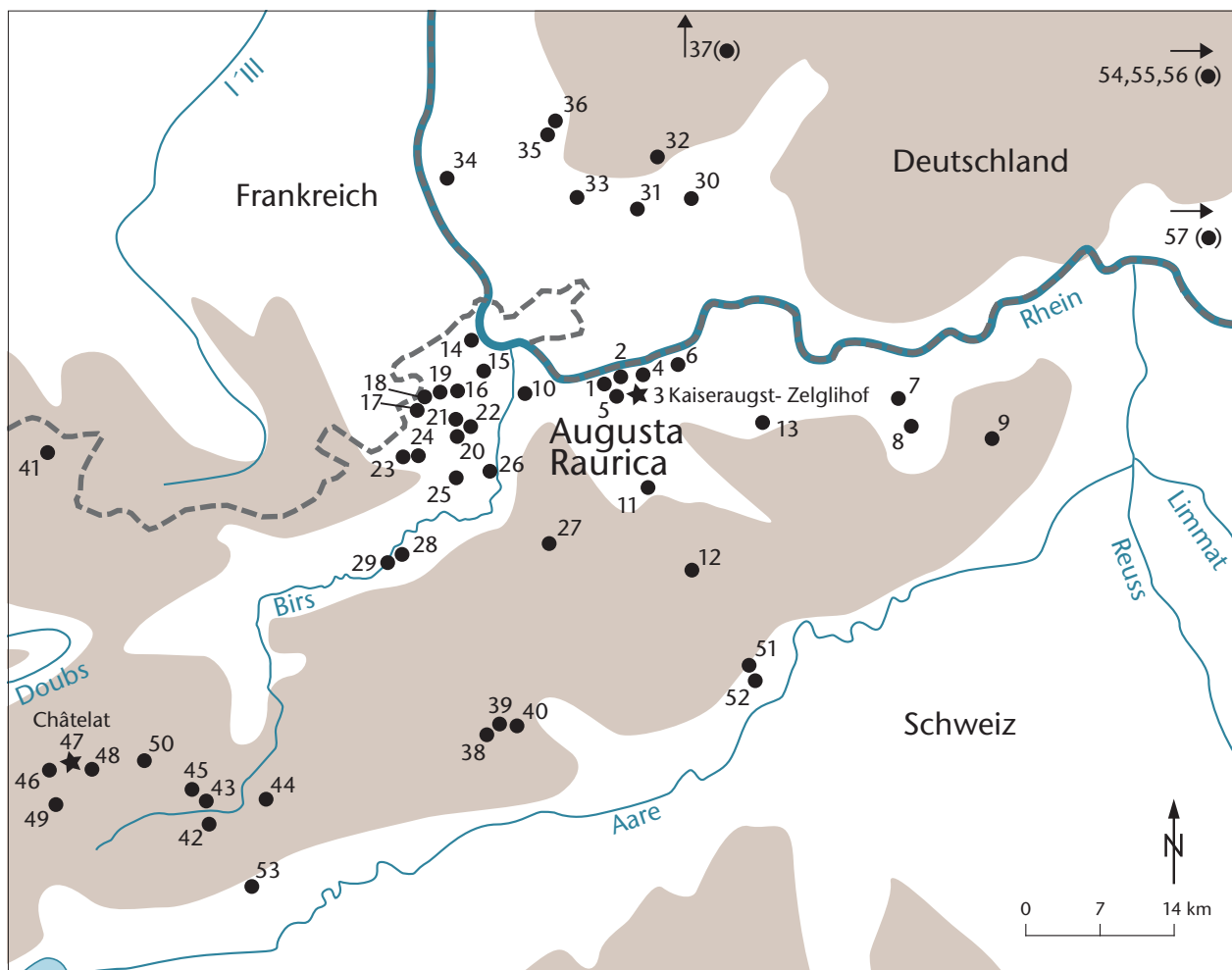


Abb. 72: Karte mit den Lagerstätten 1–57 natürlicher Lehme in einem geringfügig erweiterten Gebiet um die Colonia Raurica, die beprobt, aufbereitet und analysiert wurden (Abb. 73; 74; Tabelle 3). «Augusta Raurica» = Fundort aller analysierten Tiegel; ● = beprobte Lehmagerstätten; ★3 = Vorkommen von TON 003 in Kaiseraugst/ AG-Zelglihof; ★47 = Vorkommen von TON 047 in Châtelat/ BE. M. 1:700000.

... Die Brandfarbe ist meist intensiv rot ... bis schwarzrot.» Der hohe, *rot färbende Eisengehalt* in Bolustonen beschränkt theoretisch dessen Einsatz auf Ofen- und Klinkerwaren. Dennoch kam und kommt er gelegentlich zum Einsatz, auch im Feuerfestbereich⁵²⁷. Der seltene weisse Bolus besteht fast ausschliesslich aus Tonmineralien.

Mögliche (z.T. von uns beprobte) Vorkommen: Bolus kommt in der Schweiz vor allem im Kanton Schaffhausen vor (Lohn⁵²⁸, Stetten, Hofstetten, Herblingen). In Lohn wurden «früher vereinzelt auch helle eisenarme Tone (sog. Lohner Erde; Lagerstätten 54–56) gefunden ..., die besonders zu Glasuren und zu feuerfesten Schmelztiegeln verwendet wurden ...». In den westlichen Juragebieten sind Bolustone ebenfalls genutzt worden, so z.B. bei Delsberg/JU-Les Rondez und Aedermannsdorf/SO (38); in Süddeutschland in der Gegend von Kändern/D (35) und auf der Schwäbischen Alb⁵²⁹. Im westlich benachbarten französischen Elsass kommen viele helle Tone vor, die in römischer und frühmittelalterlicher Zeit auch für Gebrauchskeramik verwendet wurden⁵³⁰; sie sind hier jedoch nicht näher in die Untersuchungen einbezogen worden.

Zur Unterscheidung der beiden beschriebenen feuerfesten Lehme – Hupper und Bolus – hat Ernest Fleury be-

reits 1909 folgende Zusammenstellung vorgelegt (durchschnittliche Prozentwerte)⁵³¹:

	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
Hupper	0,3	89
Bolus	5	60
(Bohnerz)	61	13

527 So im 16. Jahrhundert für «Tiegelchen aus feuerbeständigem roten Ton» bei Biringuccio (Johannsen 1925, 431) oder heute als «Rotlehm», zugemischt in der industriellen Herstellung von Feuerfestkeramik in Kändern/D (= Probe TON 301–307, Lagerstätte 36 [Abb. 74; Tabelle 3]). – Mothes/Pernot 2008, 414, rekonstruieren sogar eine extra Zugabe von Eisen in den Tiegelton (in Form von Schlacken, Hammerschlag oder Feilspänen).

528 Der Firma Ziegelei AG in Lohn/SH, insbesondere Frau Susan Ehrat, verdanke ich drei Tonproben aus den von ihr heute noch genutzten Gruben.

529 Zschokke/Rollier 1907, 21 ff. Lohner Erde: Fein, weiss und feuerbeständig; siehe Im-Thurm 1840, 30. – Siehe die Verdankungen Anm. 525.

530 Châtelat 2002, 90 ff. Taf. 196, 4–12. – Auf die Autorin machte mich Ursule Babey aufmerksam.

531 Fleury 1909, 116.

Katalog der untersuchten Vergleichstone

Vorbemerkung

Die von uns gesammelten und analysierten Lehme (Abb. 72 und 73; Tabelle 3) sind nach zwei Kriterien zusammengetragen worden: Nebst hellen, feuerfesten «Huppererden» wurden auch weniger feuerfeste Vorkommen berücksichtigt, wenn sie in geografischer Nähe zu Augusta Raurica liegen. Diesen «Normaltonen» ist gemeinsam, dass sie aus der Umgebung der Colonia Raurica stammen und zum Teil nachweislich bei der römischen Geschirrprouktion Verwendung fanden. In Ausnahmefällen wurden auch rotbraune «Bolustone» beprobt, denen trotz hoher Eisengehalte ebenfalls Feuerfestigkeit attestiert wird.

Der anschliessende Lehmproben- und Analysenkatalog (sortiert nach Lagerstätten analog Abb. 73) umfasst die vom Autor gesammelten Feldproben sowie Materialien, die er von Dritten freundlicherweise zur Verfügung gestellt bekam (s. die entspr. Hinweise in den Anmerkungen). Zudem durfte ich auf einen Fundus der Integrativen Prähistorischen und Naturwissenschaftlichen Archäologie der Universität Basel (IPNA) zurückgreifen: Von der dort aufbewahrten grossen Vergleichssammlung von Gesteinen und Sedimenten konnten 15 Lehme beprobt und in die Untersuchungen miteinbezogen werden⁵³².

Die *Aufbereitung* der Tonproben für die Analysen und die dabei gemachten Beobachtungen werden unten beim Experiment 1 beschrieben (S. 190 f.).

Lagerstätte 1: TON 036–043. Augst / BL, «Schwarzacker», südlich der römischen Osttorstrasse

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 622.050/264.650. Probenentnahme durch Markus Schaub im Frühjahr 2012 aus dem anstehenden Boden anlässlich der Grabung 2012.058, neben einer Grube in Feld 58 (Grubeneinhalt: FK F01494, Abtrag 58.006). Das Material wurde nachweislich in Ziegeleien verwendet, ob auch für Geschirrkera-mik, ist bisher chemisch nicht zu belegen.

- Tonfarbe der *Normalprobe* (TON 036–039): roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellbraun; gebrannt bei 1020 °C: dunkel-ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (blasig versintert).
- Tonfarbe des zähen *Restmaterials* nach dem Schlämmen (TON 040–042): Schlammrückstand getrocknet: braun (mit kleinen weissen Einschlüssen); gebrannt bei 1020 °C: dunkel-ziegelrot (kompakt, mit einzelnen kleinen Kalkeinschlüssen); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (blasig versintert).

Literatur: Jornet 1980; Maggetti / Galetti 1993, 207 f. Abb. 9,2; 10 (römische Baukeramik, offenbar aus diesem pleistozänen Niederterrassenton); Schaub 2013, 94 f. Abb. 5.

Lagerstätte 2: TON 052–059. Kaiseraugst / AG, «Im Sager»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 622.300/265.050. Probenentnahme durch Lukas Grolimund 1999 (Grabung/ 1999.007, Fundkomplexe E03656–E03659). Die Proben stammen aus dem anstehenden Lehm zwischen den römischen Gruben und nicht aus den sekundären Grubenverfüllungen. Das Material wurde hier in römischer Zeit in grossem Stil grubenweise ausgebeutet. Es ist allerdings bisher chemisch nicht nachweisbar, zu welchen Produkten (Keramik, Ziegel, Lehmwände usw.) dieses sekundär verlagerte Lössmaterial⁵³³ verwendet wurde.

- Tonfarbe der Probe Inv. 1999.007.E03658.1 (Proben 052–055): roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerbraun; gebrannt bei 1020 °C: dunkel-ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (feinblasig verschlackt).
- Tonfarbe der Probe Inv. 1999.007.E03659.1 (Proben 056–059): roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerbraun; gebrannt bei 1020 °C: dunkel-ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (feinblasig verschlackt).

Literatur: Jornet 1980; Maggetti / Pfeifer 1993, 131 ff. Abb. 44–46 («Liner-Ton» nicht identisch mit den römisch genutzten Geschirr- und Baukeramiktonen); Maggetti / Galetti 1993, Abb. 9,3,4; Müller 2000, 109–113 Abb. 15–18 (111 Anm. 27: «erstklassiger Töpferlehm» [Hannes Weiss]); Weiss 2009; allgemein Berger 2012A, 314 ff. Abb. 343; 344 (mit älterer Lit.).

Lagerstätte 3: TON 060–064. Kaiseraugst, «Im Zelgli» resp. «Zelglihof»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 622.471/264.480 (Parzelle 804). Probenentnahme durch Martin Allemann und Alex R. Furger am 15.01.2013 auf der Sohle der aufgelassenen Lehmgrube (ca. 3 m unter dem alten Terrain; Ereignis-Nr. 2013.003, FK G02017). Das Material wurde vor ca. 1920 abgebaut⁵³⁴.

Tonfarbe: roh: braun (locker); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerbraun; gebrannt bei 1020 °C: dunkel-ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkelbraun (feinblasig verschlackt).

Mit diesem TON 061 wurden auch Tiegelerkonstruktionen getöp-fert (Abb. 113,5.6.11), Magerungsversuche mit viel grobem Quarzsand durchgeführt (Abb. 112; 113,11), *Lutum* rekonstruiert (Abb. 115; 130; 133) und Deckel hergestellt (Abb. 126; 130).

Literatur: M. Allemann und A. R. Furger in Grez 2014, 83 Abb. 38.

532 Ich danke dem Geoarchäologen Philippe Rentzel (IPNA) für seine Einwilligung, von den Lehmhandstücken der Sammlung je eine Teilmenge abzutrennen.

533 Unter der Aktennummer 1999.007 (Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst) befindet sich ein kurzes Gutachten zu diesem Kaiseraugster Lehm-vorkommen von Christoph U. Meyer von den Tonwerken Keller AG in Frick / AG (15.12.1999). Der anstehende Lehm (unseren Proben TON 052–059 entsprechend) enthält – gegenüber dem Material der sekundären, nachrömischen Gruben-füllungen – «4–5% Kalkanteil und wesentlich mehr Feinanteile». Die Korngrössenverteilung beträgt 38,2% Grösse < 2 µ; 32,4% Grösse 2–20 µ; 29,4% Grösse > 20 µ; 16,1% Grösse > 100 µ.

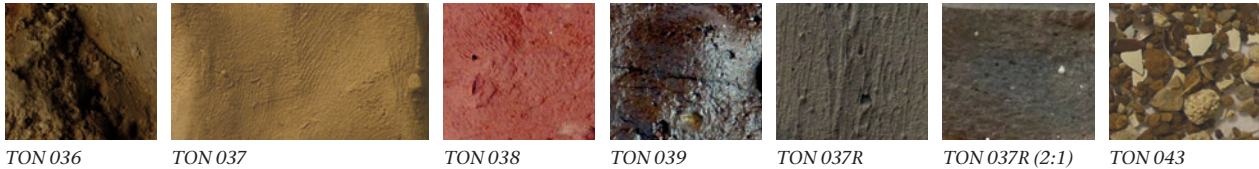
534 Den Hinweis auf diese alte Lehmabbaustelle, genannt «Lettloch», verdanke ich Ernst Frey; Hinweise zur Ausbeutung Elisabeth Thommen, beide Kaiseraugst / AG. Nach E. Thommen seien Mauern am Grubenrand «Panzersperren» aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs. Die Grube ist auf der detaillierten «Karte über den Grenzzug zwischen dem Canton Aargau & Baselland» von 1845 (Staatsarchiv Liestal, GRZ-1845.093) noch nicht eingezeichnet; auf einem 1879 vermessenen und 1915 kopierten Katasterplan (Kaiseraugst / AG, Blatt 14) ist die Lehmgrube jedoch mitsamt den Parzellen der massiven Stützmauern (daher keine Panzersperre) eingetragen, ebenso in einer Ausgabe von 1942. Im Topographischen Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt Basel und Umgebung, von 1946 ist die Mulde noch kartiert und in einem Katasterplan von 1952 scheint sie endgültig nicht mehr ausgebeutet worden zu sein (Digitalisate der Katasterpläne befinden sich im Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst). – Die Probenentnahmestelle wurde im Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst unter der Vorgangsnummer 2013.003 «Probenentnahme Im Zelgli» (FK G02017, Inv. 2013.003.G02017.1) erfasst.

Lagerstätte	Fundort	Grube	Stelle/Position/Lehmtyp	Proben-Nr.
Tafeljura West (Region um Augusta Raurica)				
1	Augst/BL	Schwarzacker	anstehender Lehm	TON 036–043
2	Kaiseraugst/AG	Im Sager	antiker Abbau, FK E03658.1	TON 052–055
			antiker Abbau, FK E03659.1	TON 056–059
3		Zelglihof	von der Grubensohle	TON 060–064
4		Leimgrueb/Lochhau	Stelle A: Tobel-Westhang	TON 065–069
	Stelle B: Tobel-Osthang		TON 070–074	
5	Giebenach/BL	Site	von der Grubensohle	TON 044–051
6	Rheinfelden/AG	Berg	Stelle A: Grubensohle	TON 075–079
			Stelle B: Grubenrand Ost	TON 080–084
7	Frick/AG	Gruhalde	oben: Obtususton	TON 085–089
			Mitte: «Kalkmergel»	TON 090–094
			unten: «Buntmergel»	TON 095–099
8		Cheeslete	Opalinuston	TON 100–104
9	Effingen/AG	Bözberg	«Bohnerzlehm»	TON 105–108
10	Muttenz/BK	Geispel	vom Steilhang	TON 109–113
11	Lausen/BL	Huppergrube	weiss (Slg. H. Weiss)	TON 001–003
			rötlichbeige (Slg. Fasolin)	TON 114–118
			gelb, bröckelig-sandig	Janke 1989, DJ101
			rot, klumpig-hart	Janke 1989, DJ102
			weiss, körnig	Janke 1989, DJ104
12	Diegten/BL	Rotackerhügel	vom Steilhang	TON 119–123
13	Buus/BL	Winterhalde	vom Hang	TON 124–128
14	Basel/BS	linkes Birsigufer	«Blauer Lett» (Slg. IPNA)	TON 129–132
15		Hechtliacker	weiss, –14 Meter (Slg. IPNA)	TON 133–136
16	Bottmingen/BL	rechtes Birsigufer	«Septarienton» (Slg. IPNA)	TON 137–140
17	Oberwil/BL	Quellfassung	«Süsswassermergel» (Slg. IPNA)	TON 141–144
18		ob Häuslisreben	«Blaugraue Tone» (Slg. IPNA)	TON 145–148
19		Ziegelei	«Hanglehm» (Slg. IPNA)	TON 149–152
20	Therwil/BL	Kuhbrunnen	«Tertiärer Ton» (Slg. IPNA)	TON 153–156
21		Fichtenrainholz	«Ton» (Slg. IPNA)	TON 157–160
22		Föhrlibrunnen/Stelli	«Tertiärer Ton» (Slg. IPNA)	TON 161–165
23	Witterswil/SO	Witterswiler Berg, unten	Stelle B: ockerbraun	TON 166–170
			Stelle D: rötlich-ocker	TON 171–175
			Stelle E: gelblich-ocker	TON 176–180
24		Wittersiler Berg, oben	Stelle A: dunkelrot, sandig	TON 181–185
			Stelle A: dunkelrot, fein	TON 186–188
			Stelle C: dunkel-braunrot	TON 189–193
25	Aesch/BL	Steinbruch	«Hupper» (Slg. IPNA)	TON 194–197
26	Duggigen/BL	Lenzberg	«Hupper» (Slg. IPNA)	TON 198–201
27	Seewen/SO	Lungelen	(Abbau ZZ Wanner AG)	TON 033–035
28	Laufen/BL	Müsch	(Abbau ZZ Wanner AG)	TON 019–021
29		Saalfeld	ganze Grube	TON 022–026
			unteres hartes Band	TON 027–030
			oberes hartes Band	TON 031–032
Südbaden				
30	Schopfheim/D	Gündenhausen	«Rotsand» (Slg. Hirz)	TON 249–255
31	Steinen/D	Föhribuck	«Töpferton» (Slg. Hirz)	TON 256–260
32	Steinen-Weitenau/D	Katzhalde	weiss, roh (Slg. Hirz)	TON 261–264
			weiss, geknetet (Slg. Hirz)	TON 265–267
33	Hauingen/D	Hasel	gelb (Slg. Hirz)	TON 268–272
34	Efringen-Kirchen/D	Im Engetal	hellweiss (Slg. Hirz)	TON 273–277
35	Kandern/D	Heuberg Süd	weisse Bänder: roh	TON 278–282
			weisse Bänder: geschlämmt	TON 283–285
			rötlichw. Bänder: roh	TON 286–290
			rötlichw. Bänder: geschlämmt	TON 291–293
			gemischtes Material: roh	TON 294–296
			gemischtes Mat.: geschlämmt	TON 297–300
36		Heuberg Nord	«Rotlehm» (Abbau Feuerfest)	TON 301–307
37	Teningen/D	Heimach	«Heimbacher Erde»	(Analyse Maggetti)

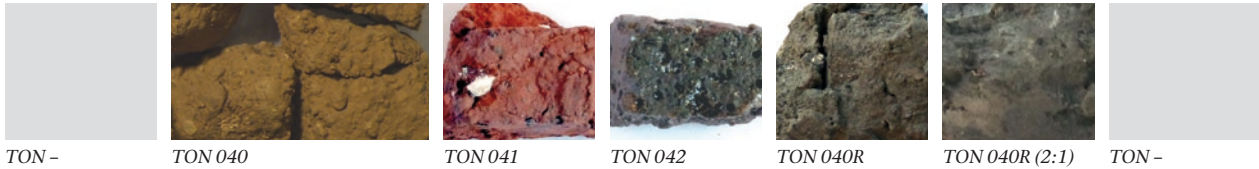
Lagerstätte	Fundort	Grube	Stelle/Position/Lehmtyp	Proben-Nr.
Plateaujura (westlicher Jura)				
38	Aedermannsdorf/SO	westlich Hof «Nägeli»	weiss, ungeschl. (Slg. W. Hug)	TON 004–006bis
			do. geschlämmt (Slg. W. Hug)	TON 007–009
			weiss, körnig	Janke 1989, DJ115
			ockerbraun (Slg. W. Hug)	TON 010–015
			Bolus rot, hart (Slg. W. Hug)	TON 016–018
39		Hammer, Eisenhammer	hellgrau-weiss (Slg. IPNA)	TON 222–225
			braungrau, verschmutzt	TON 226–230
			braungrau, teilgereinigt	TON 231–232
40	Matzendorf/SO	Rotacker	–0,2 m: ockergelb	TON 233–236
			–0,3 m: rötlich	TON 237–240
41	Bonfol/JU	Sur les Creux	rötlichbeige (Slg. Holzgang)	TON 241–245
			do. geschlämmt (Slg. Holzgang)	TON 246–248
42	Court/BE	Sur Frête	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER125–ER127
43	Court/BE	Lac Vert	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER131–ER139
44	Court/BE	Derrière Sairoche	Hupperlehm?	Eramo 2006A, Tab. 5
45	Champoz/BE	Mont Girod	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER140–ER141
46	Bellelay/BE	Forêt de Bérole	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER248
47	Châtelat/BE	Stellen A und B	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER249–ER250
		Stelle C	graubrauner Lehm	TON 349–353
		Stelle D	graubrauner Lehm	TON 354–358
		Stelle E	gelber Hupperlehm	TON 359–363
		Stelle E	weisser Hupperlehm	TON 364–368
48	Monible/BE	Côte	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER251–ER252
49	Saicourt/BE	La Fuet	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER253–ER254
50	Souboz/BE	Montaigu	Hupperlehm?	Eramo 2006A, ER255–ER256
Kettenjura (Jurasüdhang)				
51	Rickenbach/SO	Huppergruben NW «Born»	Stelle A: grauocker	TON 202–206
			Stelle B: dunkel-ocker	TON 207–211
			Stelle C: braunbeige	TON 212–216
52		Born	gelb, klumpig	Janke 1989, DJ127
			rot, körnig	Janke 1989, DJ129
53	Lengnau/BE	Neue Zelg (Hupperweiher)	Huppererde	TON 217–221
Tafeljura Ost (Schaffhausen)				
54	Lohn/SH	Im Guet	«Erz», Normalprobe (Slg. Lohner)	TON 313–317
			«Erz», Restmaterial (Slg. Lohner)	TON 318–320
55		Büttenhardt, Dicki/Ticki	«Blauer Lehm» (Slg. Lohner)	TON 321–325
56		Rüti/Rütenen/Wasen	«Lahn», Normalprobe (Slg. Lohner)	TON 326–330
			«Lahn», feingeschlämmt (Slg. Lohner)	TON 331–333
57	Schlatt/TG	Neu-Paradies	«Opalinuston» (Sgl. Frick)	TON 308–312
Ausserregionale Vergleichsproben				
58	Siershahn/D	Westerwald	«1001» (Slg. Georg & Sch.)	TON 334–337
			«1504» (Slg. Georg & Sch.)	TON 338–341
59	Hauzenberg/D	Kropfmühl	Graphit (Slg. IPNA)	TON 342–344
60	Lipari/I	Insel	Kaolin (Slg. IPNA)	TON 345–348

Abb. 73: Übersicht über die beprobten und analysierten Lehmvorkommen (Fundstellen 1–60). Lage: Abb. 72; Detailaufnahmen der Präparate: Abb. 74; Analysen: Tabelle 3.

Fundstelle 1: Augst/BL, Schwarzacker, anstehender Lehm, Normalprobe (TON 036–039.043):



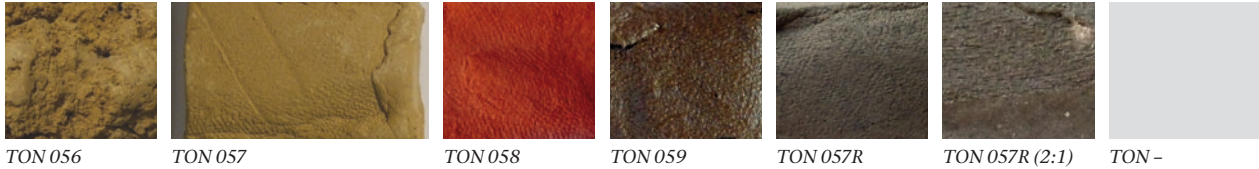
Fundstelle 1: Augst/BL, Schwarzacker, anstehender Lehm, zähes Restmaterial (TON 040–042):



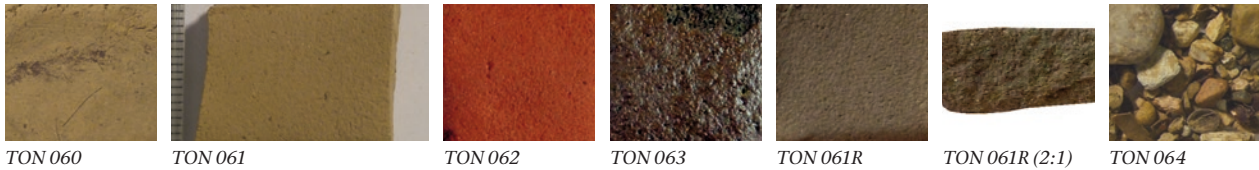
Fundstelle 2: Kaiseraugst/AG, Im Sager, antiker Abbau, FK E03658.1 (TON 052–055):



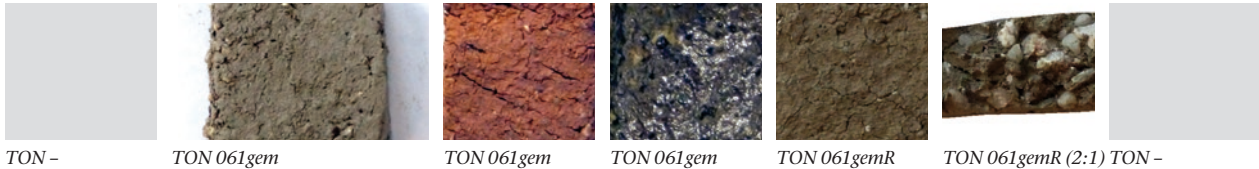
Fundstelle 2: Kaiseraugst/AG, Im Sager, antiker Abbau, FK E03659.1 (TON 056–059):



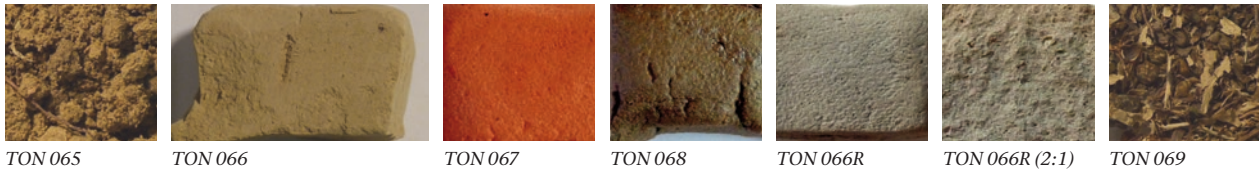
Fundstelle 3: Kaiseraugst/AG, Zelglihof, von der Grubensohle (TON 060–064):



Fundstelle 3: Kaiseraugst/AG, Zelglihof, von der Grubensohle, quarzgemagert (TON 061gem):



Fundstelle 4: Kaiseraugst/AG, Leimgrueb/Lochhau, Stelle A: Tobel-Westhang (TON 065–069):



Fundstelle 4: Kaiseraugst/AG, Leimgrueb/Lochhau, Stelle B: Tobel-Osthang (TON 070–074):

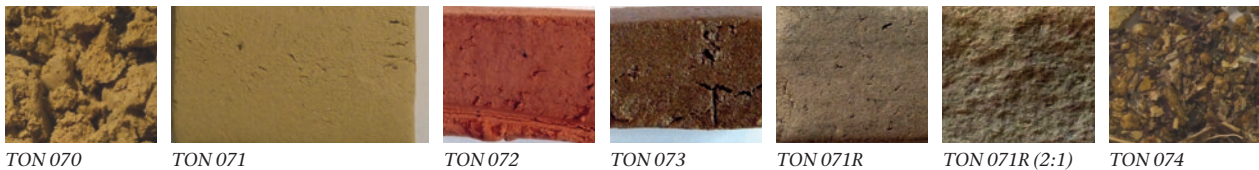
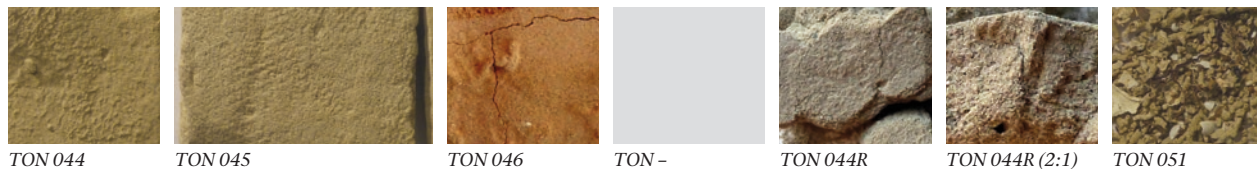
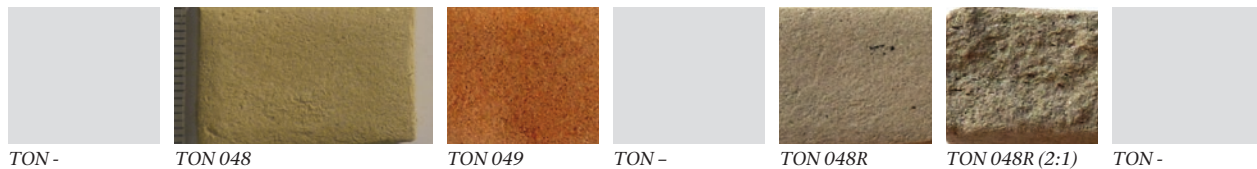


Abb. 74: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, sortiert nach den Lagerstätten 1–60. Die Kolonnen von links nach rechts zeigen: 1) roh, 2) geschlämmt, 3) dito oxidierend gebrannt bei 1020 °C, 4) oxidierend gebrannt bei 1250 °C, 5) reduzierend gebrannt bei 1000 °C Oberfläche, 6) reduzierend gebrannt bei 1000 °C im Bruch vergrößert, 7) Siebrückstand (Karte: Abb. 72; Katalog: siehe Text; Analysen: Tabelle 3). Bildausschnitte M. 1:1, ausser Kolonne rechts: reduzierend gebrannte Proben im Bruch: M. 2:1. – Fortsetzung s. nächste Seiten.

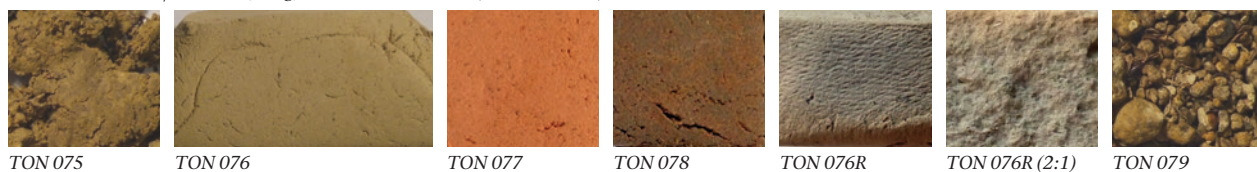
Fundstelle 5: Giebenach/BL, Site, von der Grubensohle (TON 044–051):



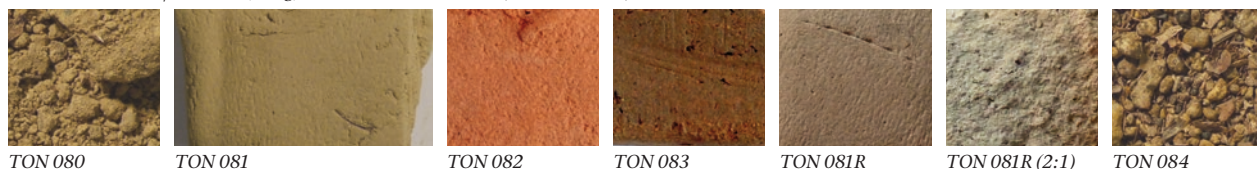
Fundstelle 5: Giebenach/BL, Site, von der Grubensohle, feingeschlämmt (TON 044–051):



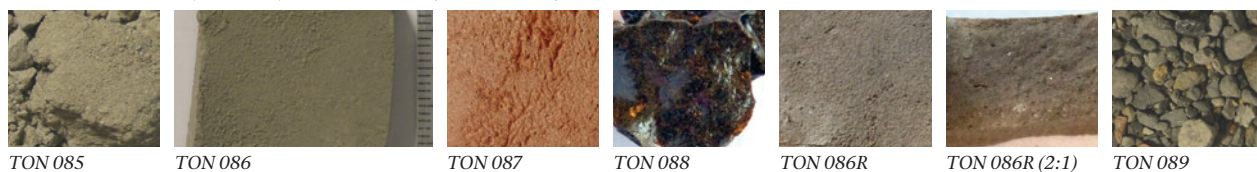
Fundstelle 6: Rheinfelden/AG, Berg, Stelle A: Grubensohle (TON 075–079):



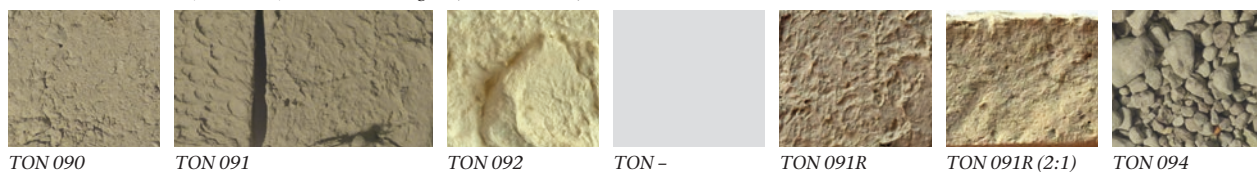
Fundstelle 6: Rheinfelden/AG, Berg, Stelle B: Grubenrand Ost (TON 080–084):



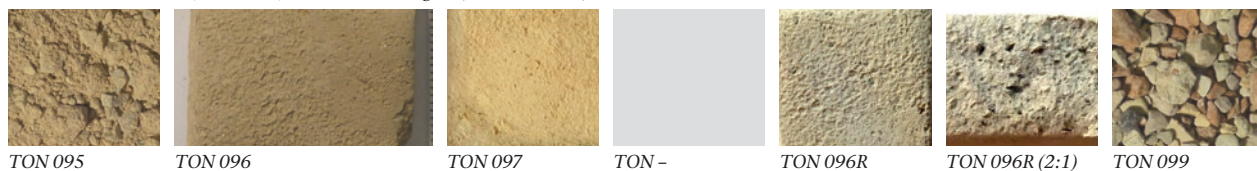
Fundstelle 7: Frick/AG, Gruhalde, oben: Obtususton (TON 085–089):



Fundstelle 7: Frick/AG, Gruhalde, Mitte: «Kalkmergel» (TON 090–094):



Fundstelle 7: Frick/AG, Gruhalde, unten: «Buntmergel» (TON 095–099):



Fundstelle 8: Frick/AG, Cheeslete, Opalinuston (TON 100–104):

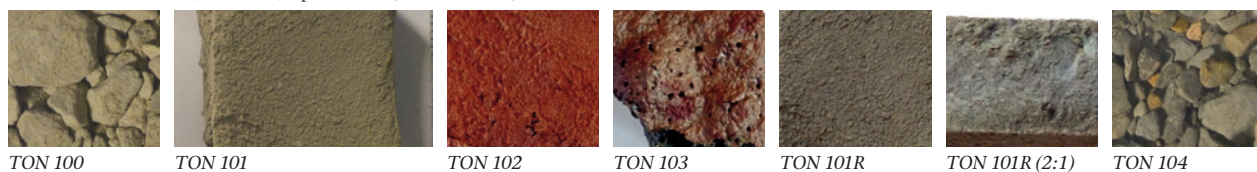
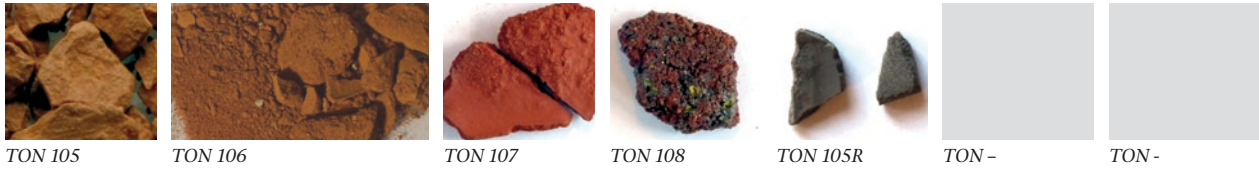
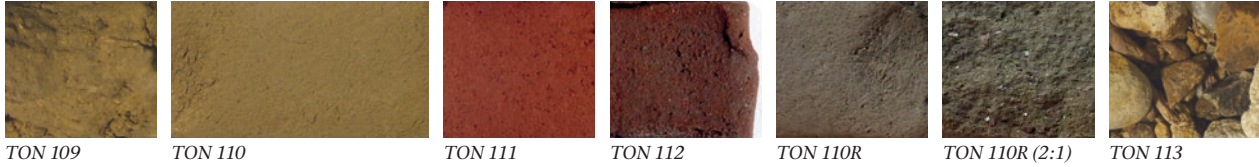


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 5–8. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

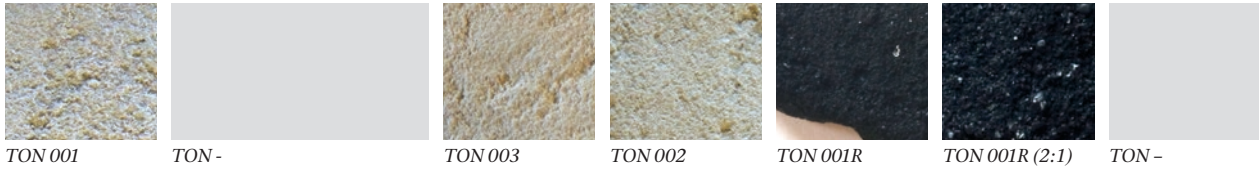
Fundstelle 9: Effingen / AG, Bözberg, «Bohmerzlehm» (TON 105–108):



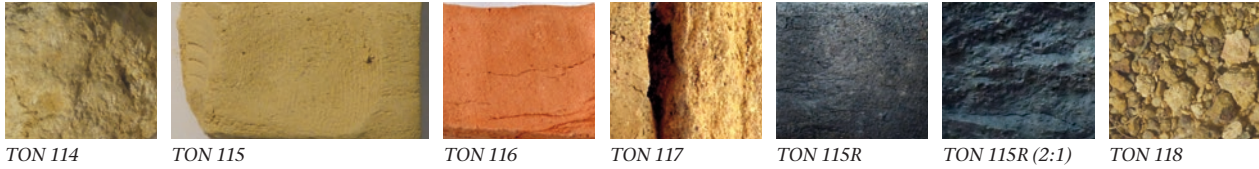
Fundstelle 10: MuttENZ / BL, Geispel, vom Steilhang (TON 109–113):



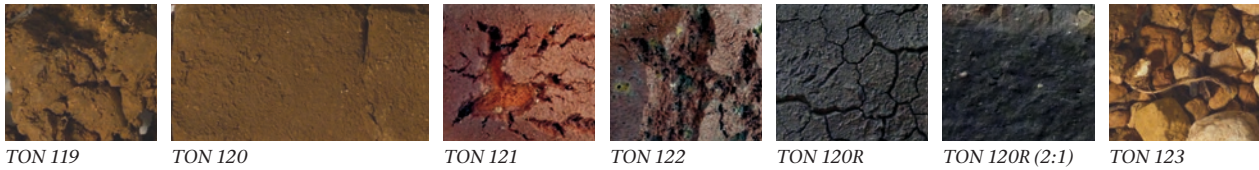
Fundstelle 11: Lausen / BL, Huppergrube, weiss (Slg. H. Weiss) (TON 001–003):



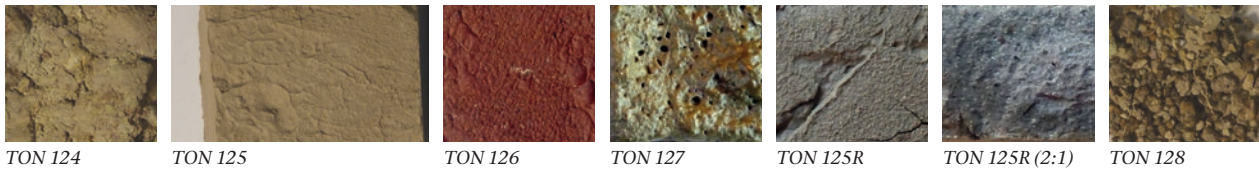
Fundstelle 11: Lausen / BL, Huppergrube, rötlichbeige (Slg. Fasolin) (TON 114–118):



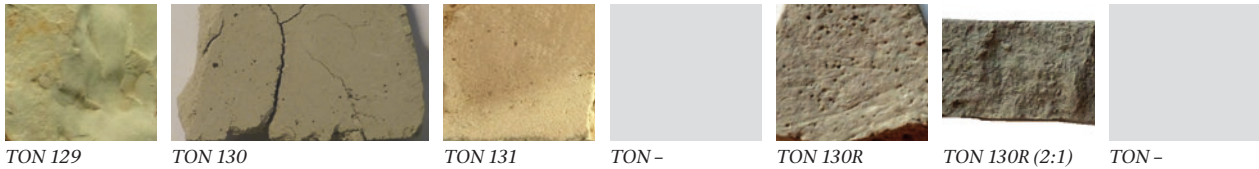
Fundstelle 12: Diegten / BL, Rotackerhügel, vom Steilhang (TON 119–123):



Fundstelle 13: Buus / BL, Winterhalde, vom Hang (TON 124–128):



Fundstelle 14: Basel / BS, linkes Birsigufer, «Blauer Lett» (Slg. IPNA) (TON 129–132):



Fundstelle 15: Basel / BS, Hechtliacker, weiss, –14 Meter (Slg. IPNA) (TON 133–136):

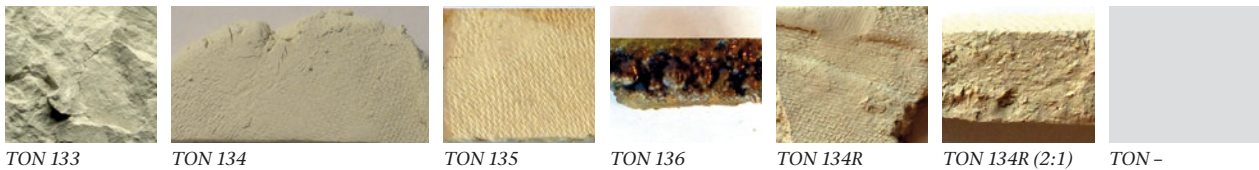
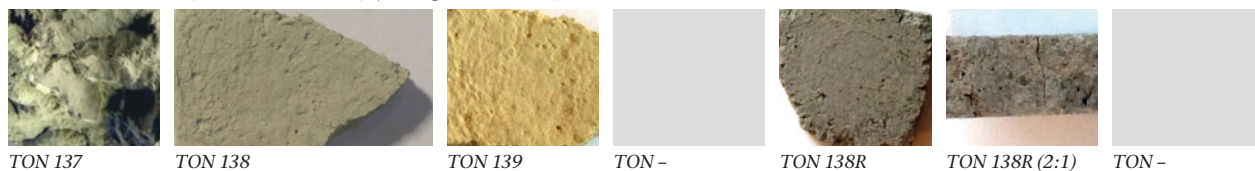
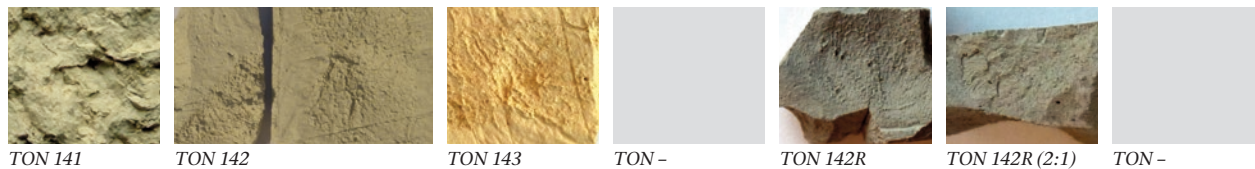


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 9–15. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

Fundstelle 16: Bottmingen / BL, rechtes Birsiguf, «Septarienton» (Slg. IPNA) (TON 137–140):



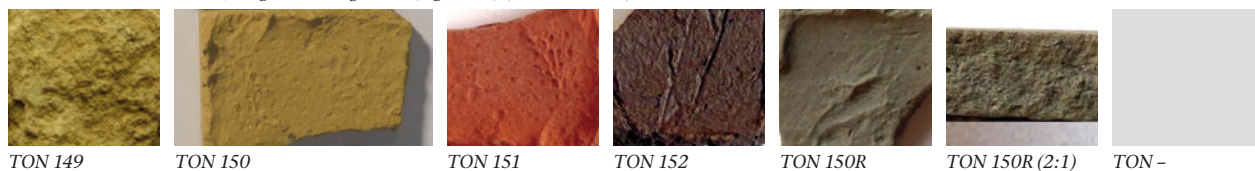
Fundstelle 17: Oberwil / BL, Quellfassung, «Süsswassermergel» (Slg. IPNA) (TON 141–144):



Fundstelle 18: Oberwil / BL, ob Häuslisreben, «Blaugraue Tone» (Slg. IPNA) (TON 145–148):



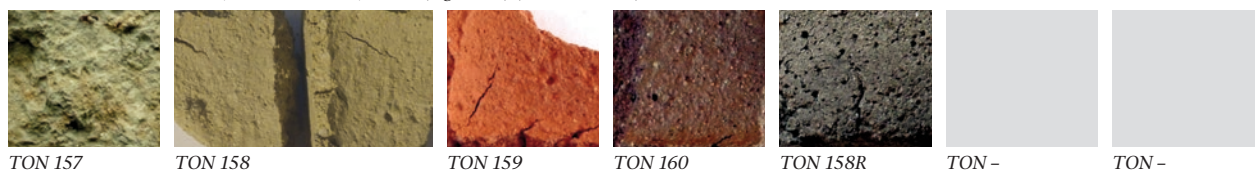
Fundstelle 19: Oberwil / BL, Ziegelei, «Hanglehm» (Slg. IPNA) (TON 149–152):



Fundstelle 20: Therwil / BL, Kuhbrunnen, «Tertiärer Ton» (Slg. IPNA) (TON 153–156):



Fundstelle 21: Therwil / BL, Fichtenrainholz, «Ton» (Slg. IPNA) (TON 157–160):



Fundstelle 22: Therwil / BL, Föhrlibrunnen / Stelli, «Tertiärer Ton» (Slg. IPNA) (TON 161–165):



Fundstelle 23: Witterswil / SO, Witterswiler Berg, unten, Stelle B: ockerbraun (TON 166–170):

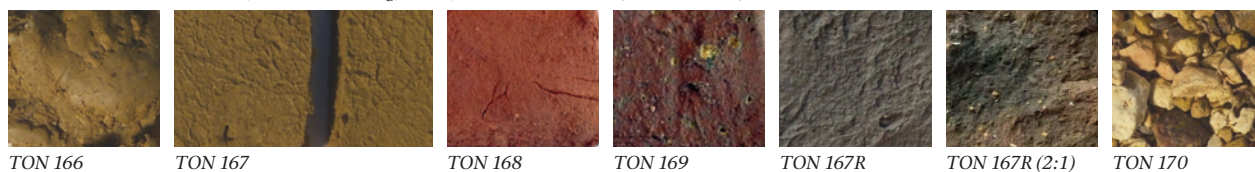
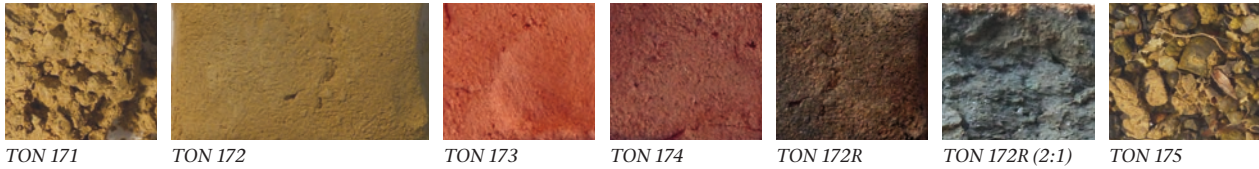
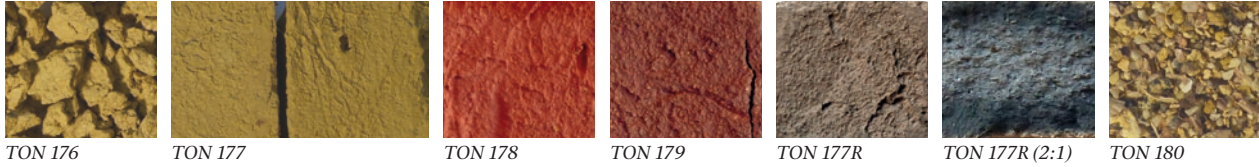


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 16–23. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

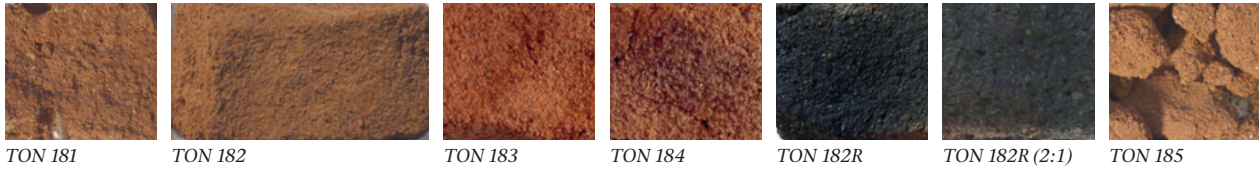
Fundstelle 23: Witterswil/SO, Witterswiler Berg, unten, Stelle D: rötlich-ocker (TON 171–175):



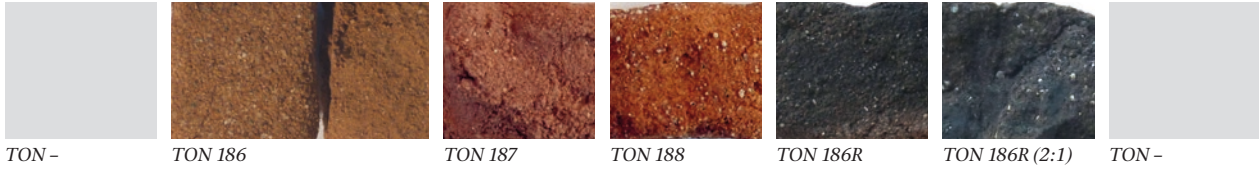
Fundstelle 23: Witterswil/SO, Witterswiler Berg, unten, Stelle E: gelblich-ocker (TON 176–180):



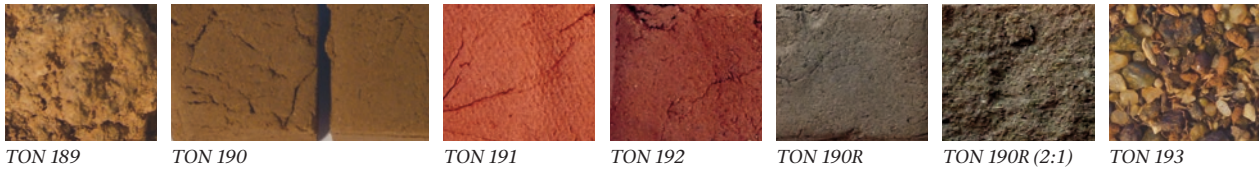
Fundstelle 24: Witterswil/SO, Witterswiler Berg, oben, Stelle A: dunkelrot, sandig (TON 181–185):



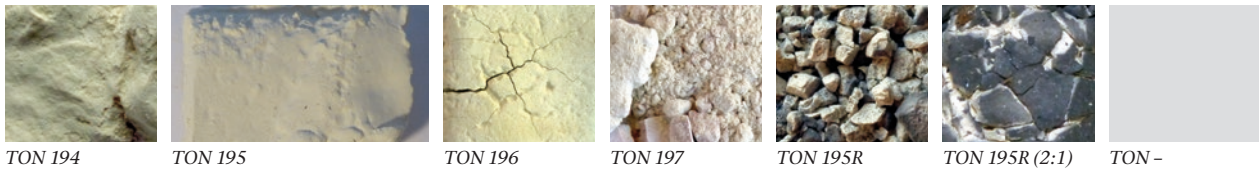
Fundstelle 24: Witterswil/SO, Witterswiler Berg, oben, Stelle A: dunkelrot, fein (TON 186–188):



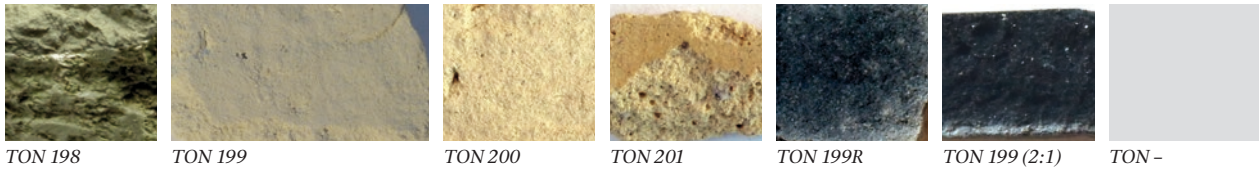
Fundstelle 24: Witterswil/SO, Witterswiler Berg, oben, Stelle C: dunkel-braunrot (TON 189–193):



Fundstelle 25: Aesch/BL, Steinbruch, «Hupper» (Slg. IPNA) (TON 194–197):



Fundstelle 26: Duggigen/BL, Lenzberg, «Hupper» (Slg. IPNA) (TON 198–201):



Fundstelle 27: Seewen/SO, Lungelen (Abbau ZZ Wanner AG) (TON 033–035):

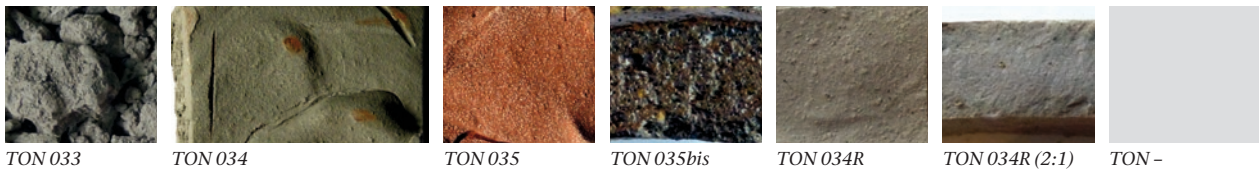
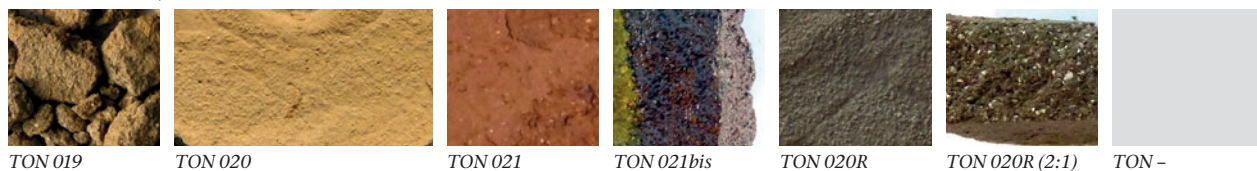
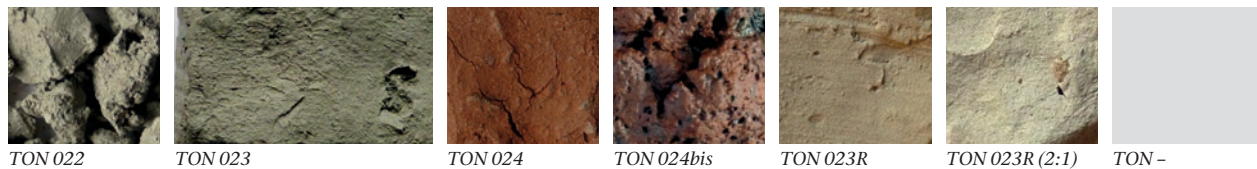


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 23–27. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

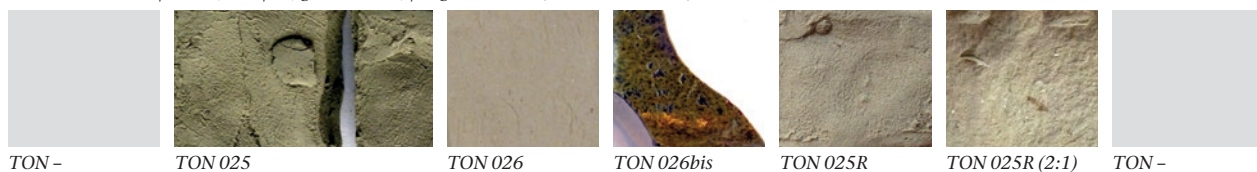
Fundstelle 28: Laufen/BL, Müsch (Abbau ZZ Wanner AG) (TON 019–021):



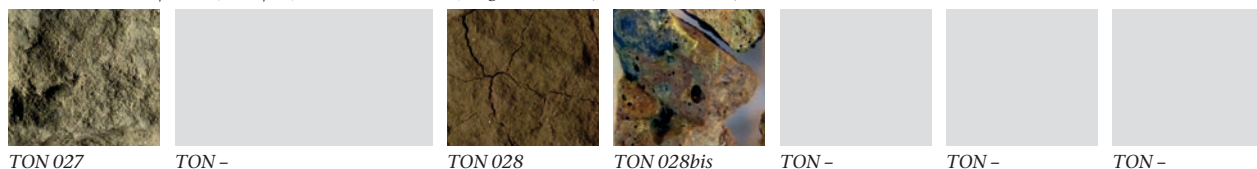
Fundstelle 29: Laufen/BL, Saalfeld, ganze Grube (TON 022–024):



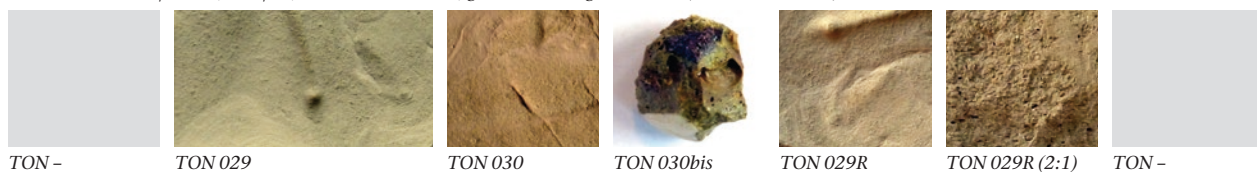
Fundstelle 29: Laufen/BL, Saalfeld, ganze Grube, feingeschlämmt (TON 025–026bis):



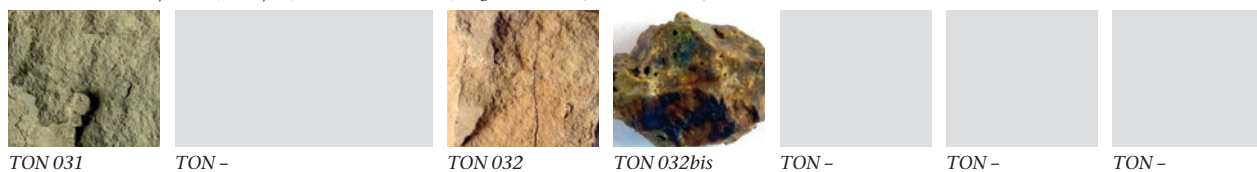
Fundstelle 29: Laufen/BL, Saalfeld, unteres hartes Band, ungeschlämmt (TON 027–028bis):



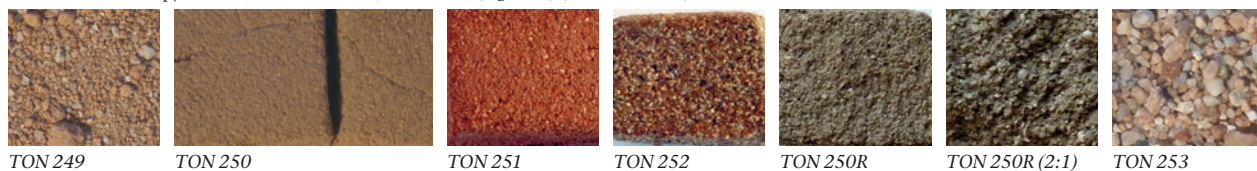
Fundstelle 29: Laufen/BL, Saalfeld, unteres hartes Band, gebrochen und geschlämmt (TON 029–030bis):



Fundstelle 29: Laufen/BL, Saalfeld, oberes hartes Band, ungeschlämmt (TON 031–032):



Fundstelle 30: Schopfheim/D, Gündenhäusen, «Rotsand» (Slg. Hirz) (TON 249–255):



Fundstelle 31: Steinen/D, Föhribuck, «Töpferton» (Slg. Hirz) (TON 256–260):

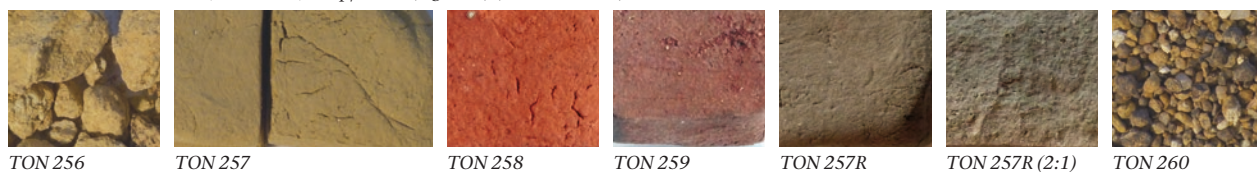
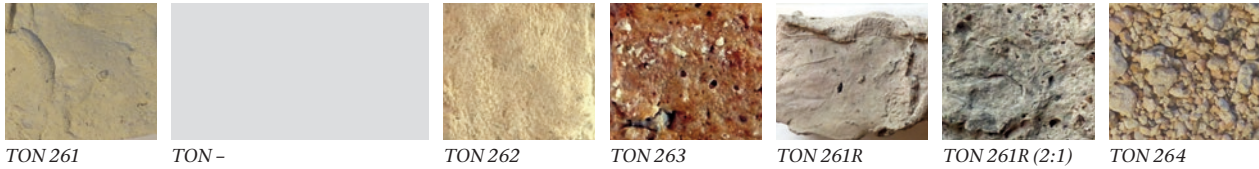
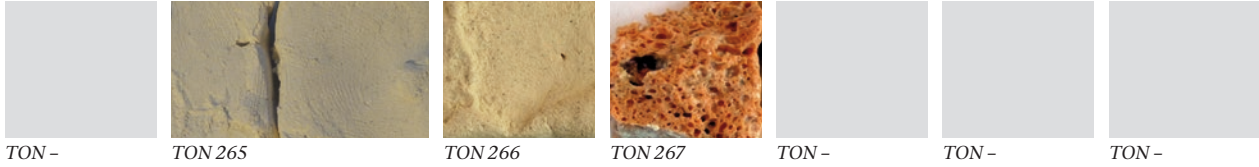


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 28–31. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

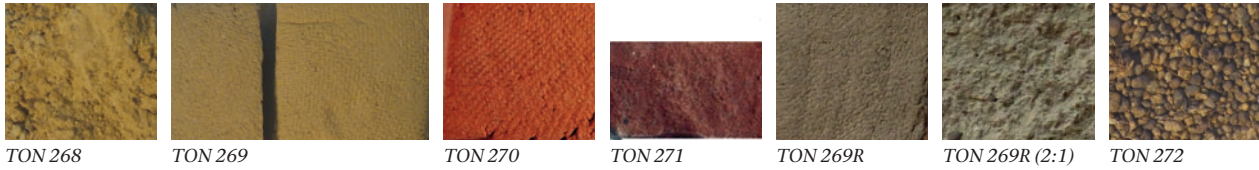
Fundstelle 32: Steinen-Weitenau / D, Katzhalde, weiss, roh (Slg. Hirz) (TON 261–264):



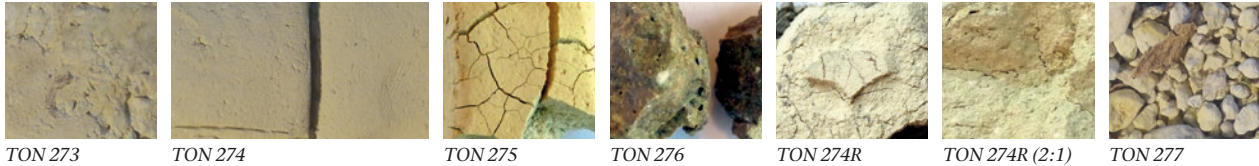
Fundstelle 32: Steinen-Weitenau / D, Katzhalde, weiss, geknetet (Slg. Hirz) (TON 265–267):



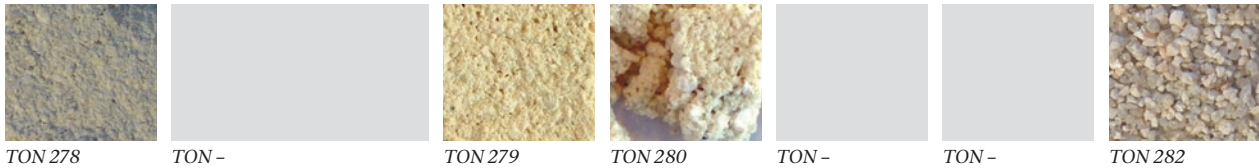
Fundstelle 33: Hauingen / D, Hasel, gelb (Slg. Hirz) (TON 268–272):



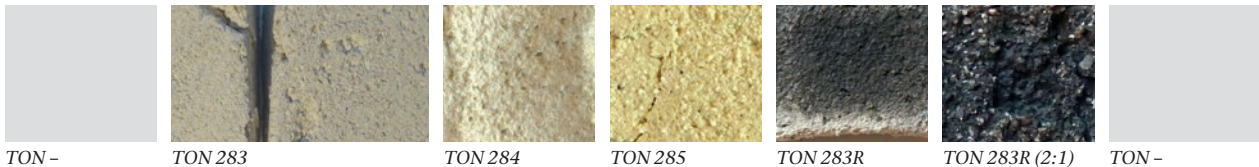
Fundstelle 34: Efringen-Kirchen / D, Im Engetal, hellweiss (Slg. Hirz) (TON 273–277):



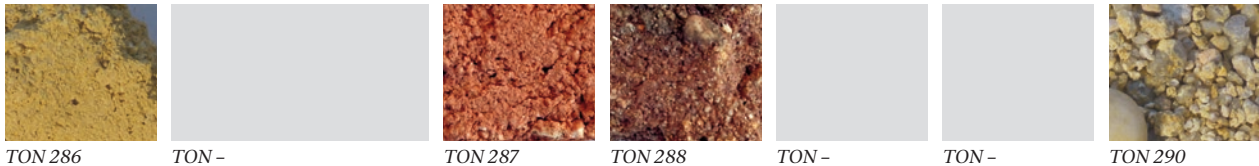
Fundstelle 35: Kandern / D, Heuberg Süd, weisse Bänder: roh (TON 278–282):



Fundstelle 35: Kandern / D, Heuberg Süd, weisse Bänder: geschlämmt (TON 283–285):



Fundstelle 35: Kandern / D, Heuberg Süd, rötlichweisse Bänder: roh (TON 286–290):



Fundstelle 35: Kandern / D, Heuberg Süd, rötlichweisse Bänder: geschlämmt (TON 291–293):

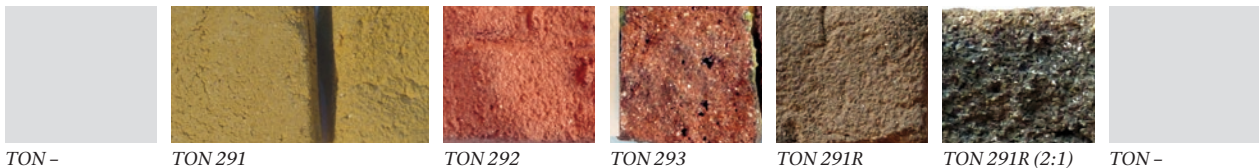
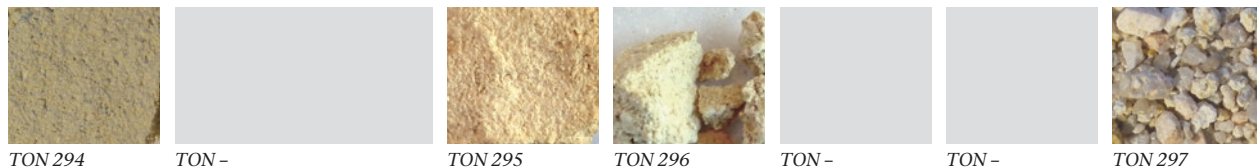
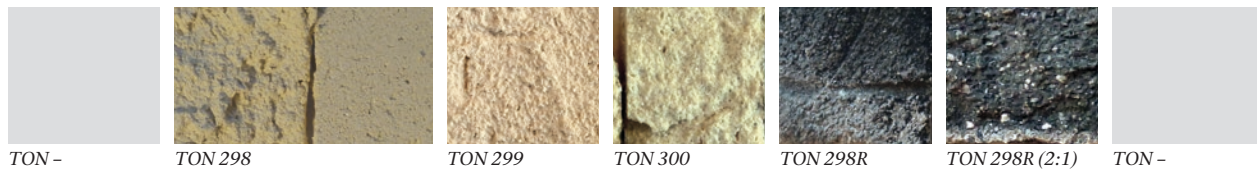


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 32–35. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

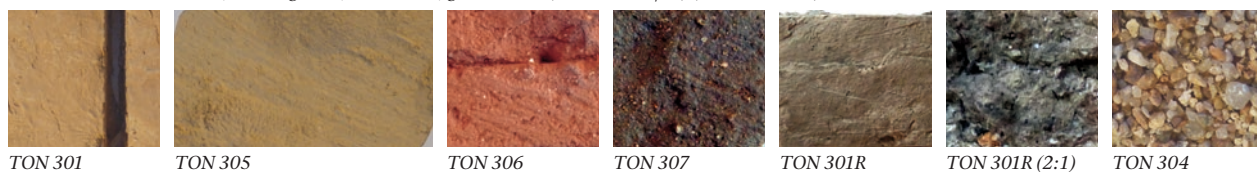
Fundstelle 35: Kandern/D, Heuberg Süd, gemischtes Material: roh (TON 294–296):



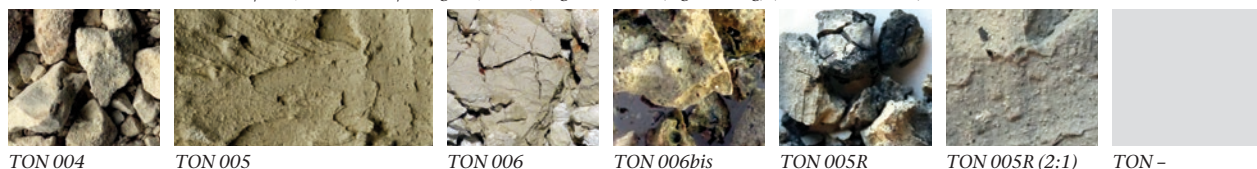
Fundstelle 35: Kandern/D, Heuberg Süd, gemischtes Material: geschlämmt (TON 297–300):



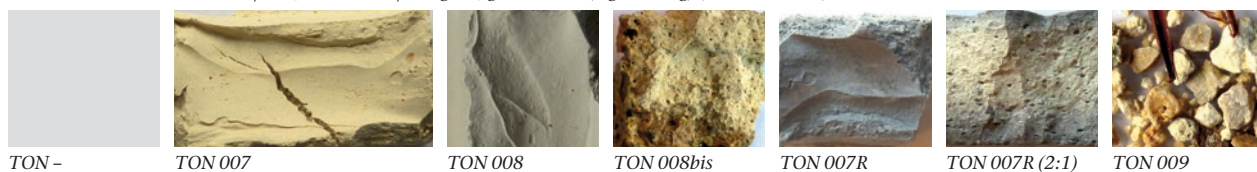
Fundstelle 36: Kandern/D, Heuberg Nord, «Rotlehm», geschlämmt (Abbau Feuerfest) (TON 301–307):



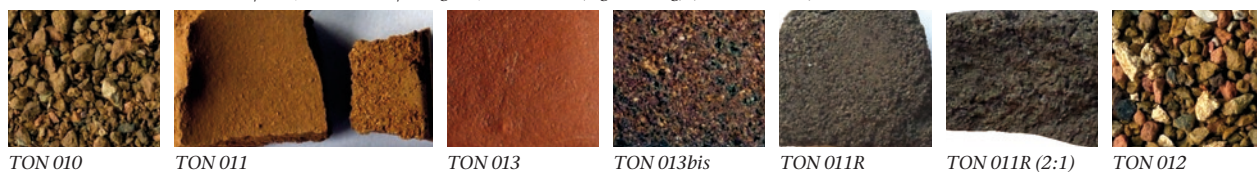
Fundstelle 38: Aedermansdorf/SO, westlich Hof «Nägeli», weiss, ungeschlämmt (Slg. W. Hug) (TON 004–006bis):



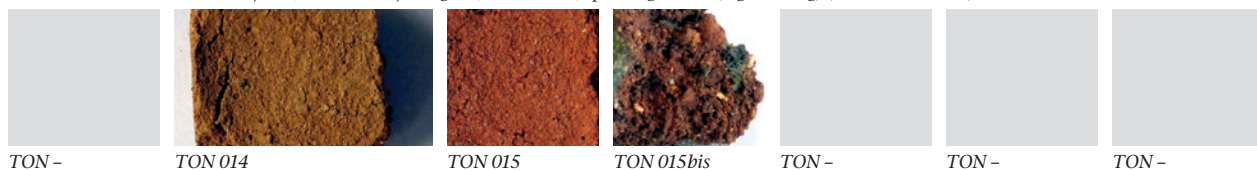
Fundstelle 38: Aedermansdorf/SO, westlich Hof «Nägeli», geschlämmt (Slg. W. Hug) (TON 007–009):



Fundstelle 38: Aedermansdorf/SO, westlich Hof «Nägeli», ockerbraun (Slg. W. Hug) (TON 010–013):



Fundstelle 38: Aedermansdorf/SO, westlich Hof «Nägeli», ockerbraun, speziell geknetet (Slg. W. Hug) (TON 014–015bis):



Fundstelle 38: Aedermansdorf/SO, westlich Hof «Nägeli», Bolus rot, hart (Slg. W. Hug) (TON 016–018):

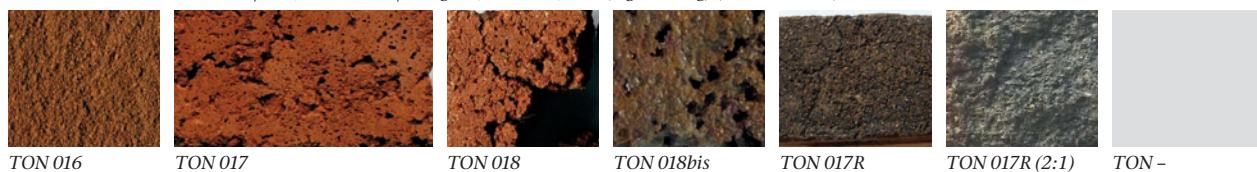
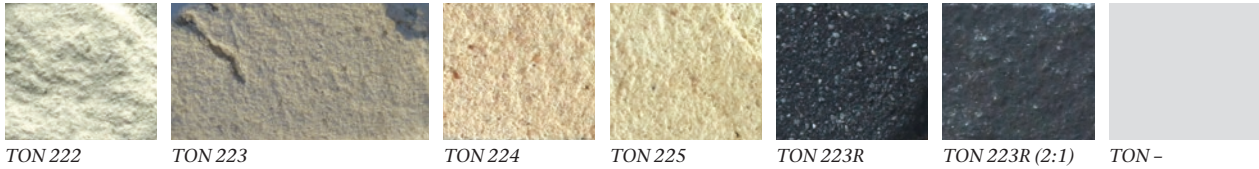
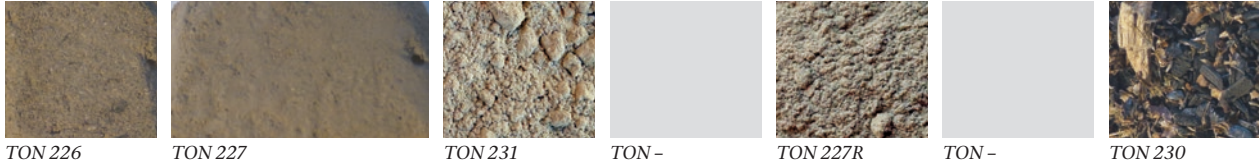


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 35–38. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

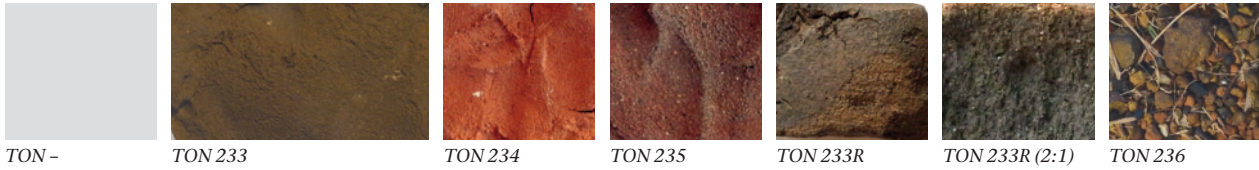
Fundstelle 39: Aedermannsdorf/SO, Hammer, Eisenhammer, hellgrau-weiss (Slg. IPNA) (TON 222–225):



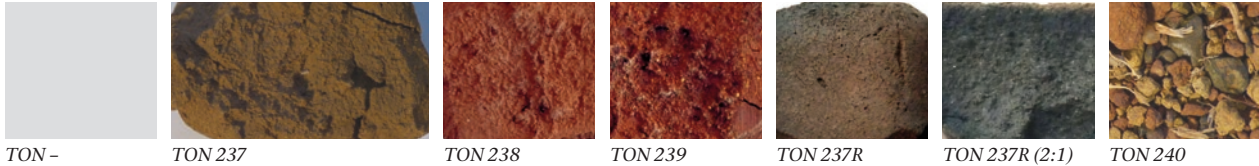
Fundstelle 39: Aedermannsdorf/SO, Hammer, Eisenhammer, braungrau, verschmutzt, feingeschlämmt (TON 226–232):



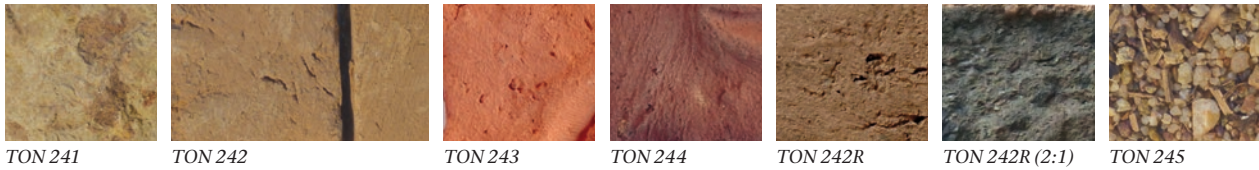
Fundstelle 40: Matzendorf/SO, Rotacker, -0,2 m: ockergelb (TON 233–236):



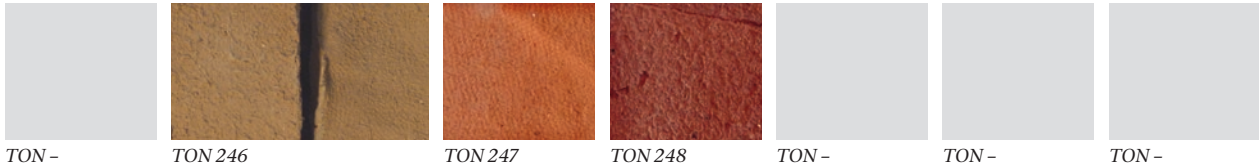
Fundstelle 40: Matzendorf/SO, Rotacker, -0,3 m: rötlich (TON 237–240):



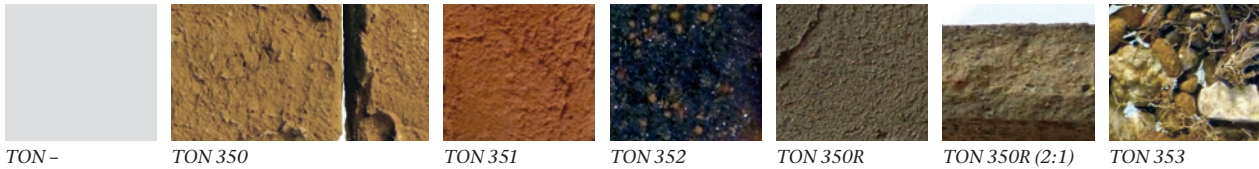
Fundstelle 41: Bonfol/JU, Sur les Creux, rötlichbeige (Slg. Holzgang) (TON 241–245):



Fundstelle 41: Bonfol/JU, Sur les Creux, feingeschlämmt (Slg. Holzgang) (TON 246–248):



Fundstelle 47: Châtelat/BE, Stelle C, graubrauner Lehm (TON 349–353):



Fundstelle 47: Châtelat/BE, Stelle D, graubrauner Lehm (TON 354–358):

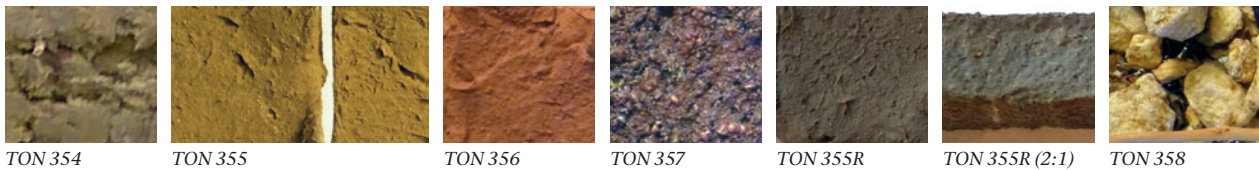
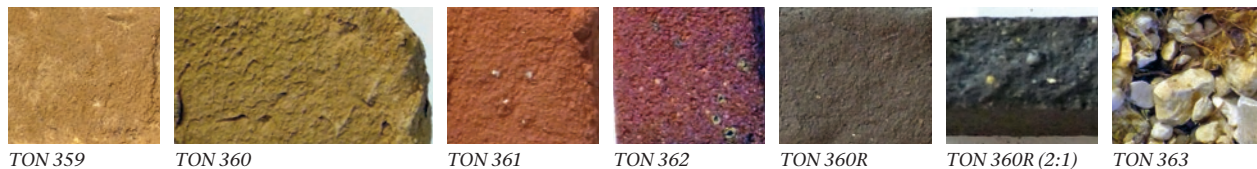
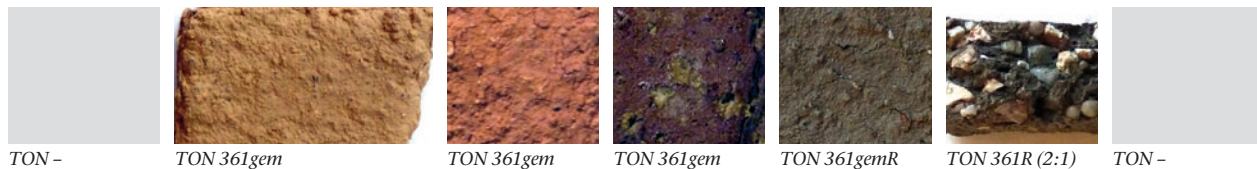


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 39–47. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

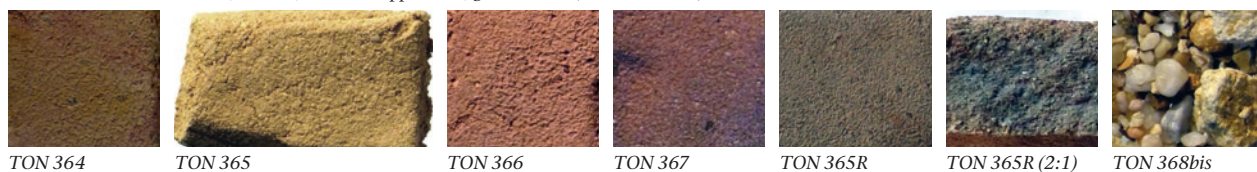
Fundstelle 47: Châtelat / BE, Stelle E, gelber Hupperlehm (TON 359–363):



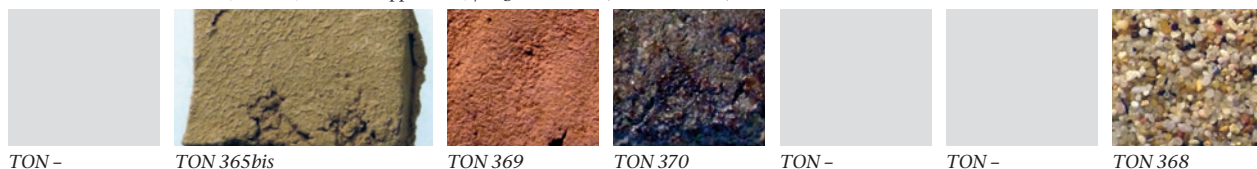
Fundstelle 47: Châtelat / BE, Stelle E, gelber Hupperlehm, quarzgmagert (TON 361gem):



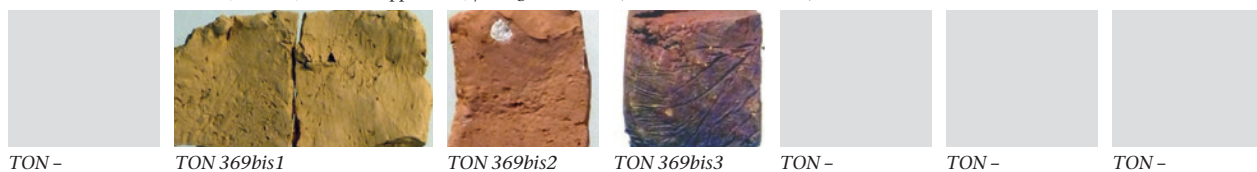
Fundstelle 47: Châtelat / BE, Stelle E, weisser Hupperlehm, geschlämmt (TON 364–368):



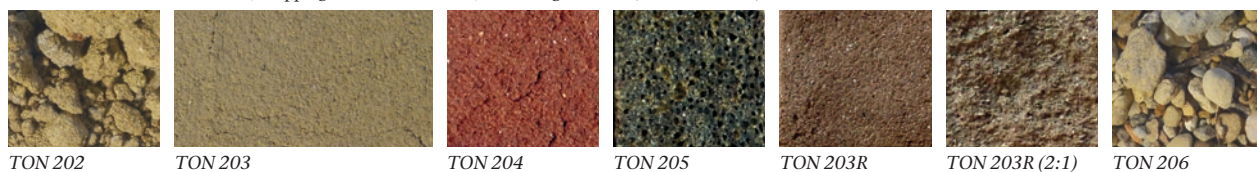
Fundstelle 47: Châtelat / BE, Stelle E, weisser Hupperlehm, feingeschlämmt (TON 365–370):



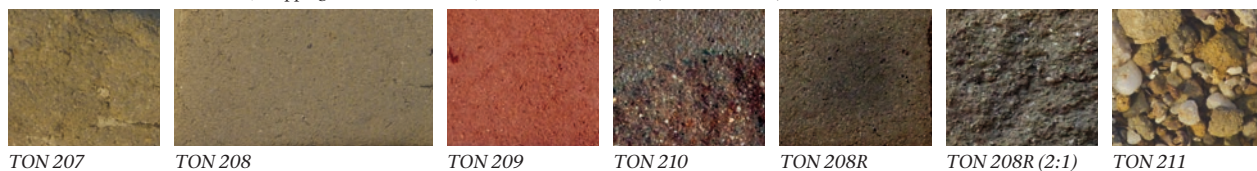
Fundstelle 47: Châtelat / BE, Stelle E, weisser Hupperlehm, feinstgeschlämmt (TON 369bis1–369bis3):



Fundstelle 51: Rickenbach / SO, Huppergruben NW «Born», Stelle A: grauocker (TON 202–206):



Fundstelle 51: Rickenbach / SO, Huppergruben NW «Born», Stelle B: dunkel-ocker (TON 207–211):



Fundstelle 51: Rickenbach / SO, Huppergruben NW «Born», Stelle C: braunbeige (TON 212–216):

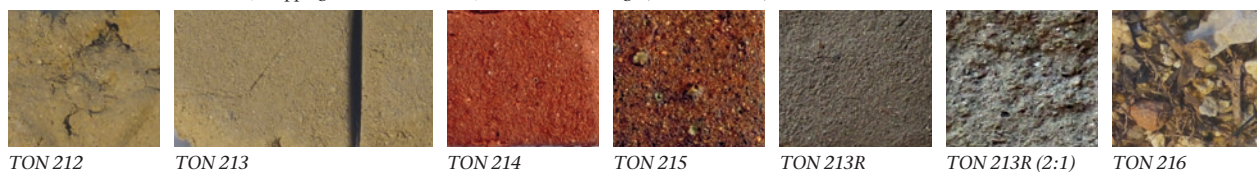
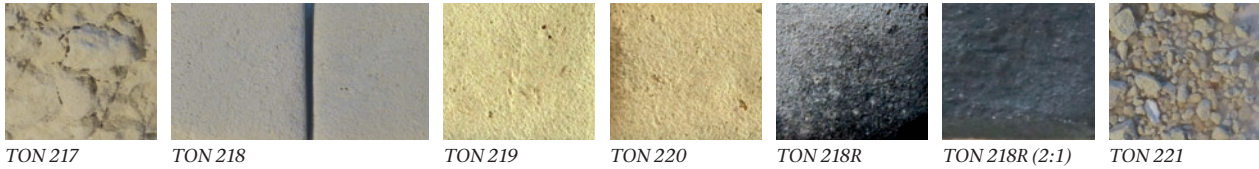
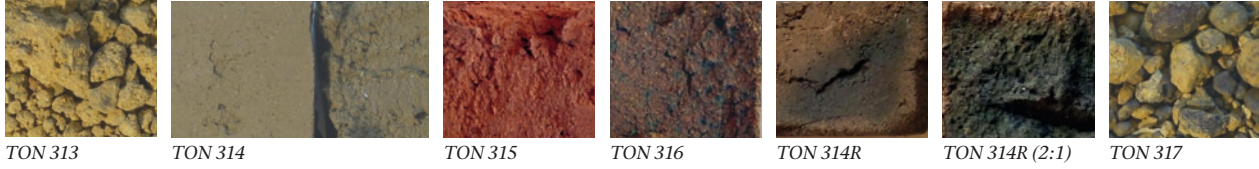


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 47–51. Fortsetzung s. auch nächste Seite.

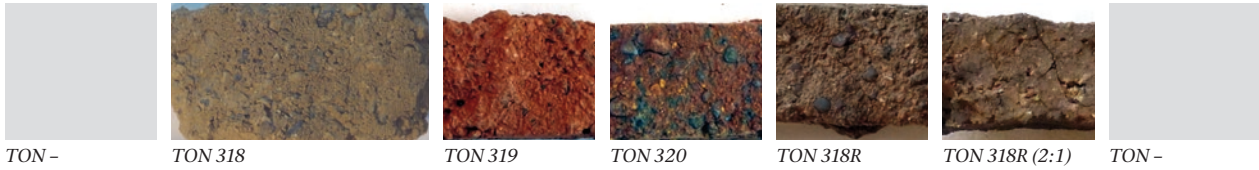
Fundstelle 53: Lengnau / BE, Neue Zelg (Hupperweiher), Huppererde (TON 217–221):



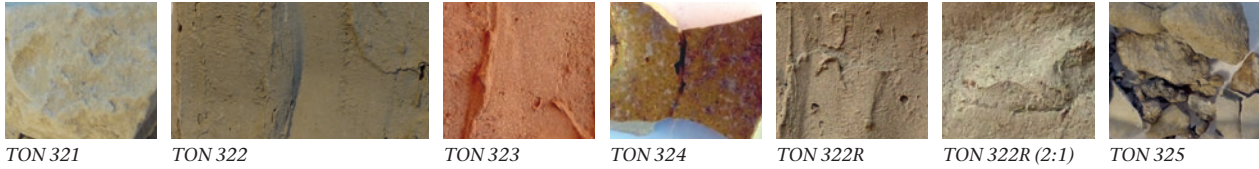
Fundstelle 54: Lohn / SH, Im Guet, «Erz», Normalprobe (Slg. Lohner) (TON 313–317):



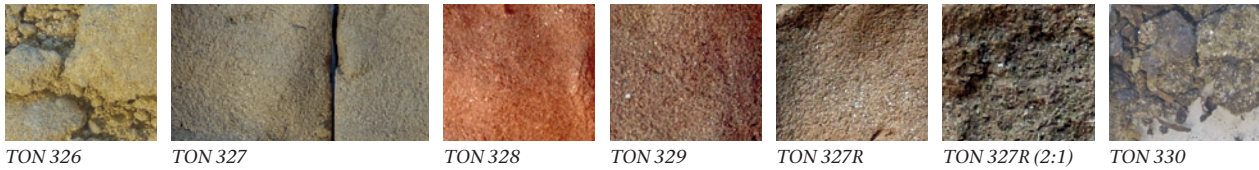
Fundstelle 54: Lohn / SH, Im Guet, «Erz», Restmaterial (Slg. Lohner) (TON 318–320):



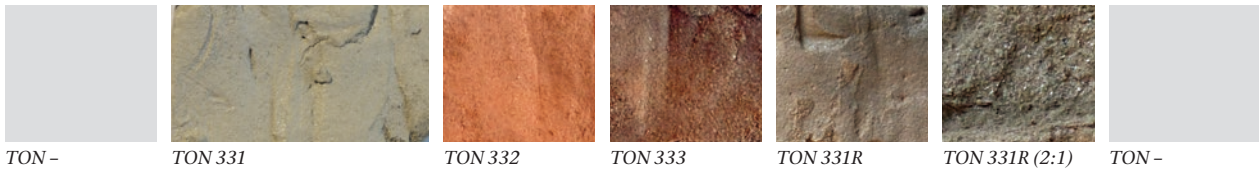
Fundstelle 55: Lohn / SH, Bütttenhardt, Dicki / Ticki, «Blauer Lehm» (Slg. Lohner) (TON 321–325):



Fundstelle 56: Lohn / SH, Rüti / Rütenen / Wasen, «Lahn», Normalprobe (Slg. Lohner) (TON 326–330):



Fundstelle 56: Lohn / SH, Rüti / Rütenen / Wasen, «Lahn», feingeschlämmt (Slg. Lohner) (TON 331–333):

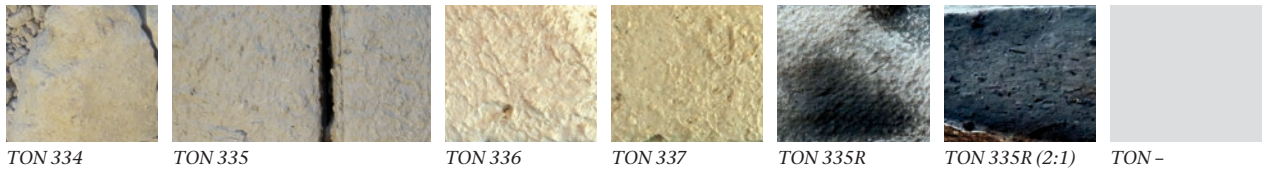


Fundstelle 57: Schlatt / TG, Neu-Paradies, «Opalinuston» (Sgl. Frick) (TON 308–312):

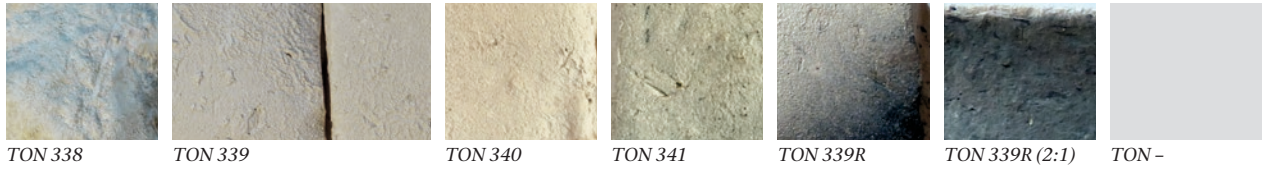


Abb. 74, Fortsetzung: Die Vergleichstone TON 001 bis TON 370, Lagerstätten 53–57. Die «Tone» 432–348 der Fundstellen 59 (Graphit von Hauzenberg / D-Kropfmühl) und 60 (Kaolin von Lipari / I) sind nicht abgebildet.

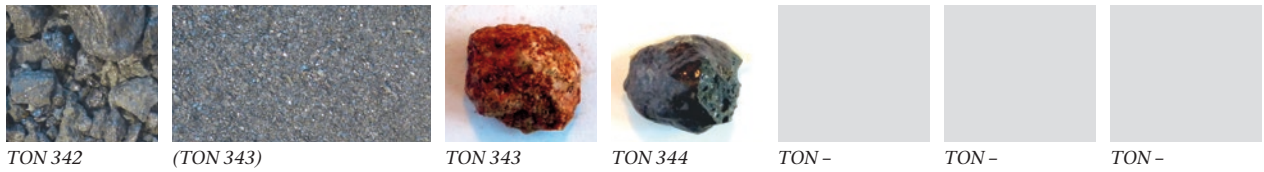
Fundstelle 58: Siershahn/D, Westerwald, «1001» (Firma Goerg&Schneider) (TON 334–337):



Fundstelle 58: Siershahn/D, Westerwald, «1504» (Firma Goerg&Schneider) (TON 338–341):



Fundstelle 59: Hauzenberg/D-Kropfmühl, Graphit (TON 342–344):



Fundstelle 60: Lipari/I, Kaolin (TON 345–348):



Abb. 74, Schluss: Einige von ausserhalb des Gebiets der einstigen Colonia Raurica herangezogenen Vergleichstone und Mineralien, Lagerstätten 57–60.

Lagerstätte 4: TON 065–074. Kaiseraugst, «Leimgrube», im Lochhau-Wald

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koordinaten s. unten. Probenentnahme durch Alex R. Furger im September 2012⁵³⁵.

- Tonfarbe der Entnahmestelle Stelle A, Koord. 623.588/264.613 (am Tobelwesthang): roh: braun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braunbeige; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkelbraun (feinblasig versintert).
- Tonfarbe der Entnahmestelle Stelle B, Koord. 623.601/264.594 (am Tobelosthang): roh: braun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braunbeige; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkelbraun (feinblasig versintert).

Mit diesem TON 071 wurden auch Tiegelerkonstruktionen getöpft (Abb. 113, 7).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 27 f.; Maggetti / Galetti 1993, Abb. 9, 6.

Lagerstätte 5: TON 044–051. Giebenach / BL, «Site»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 622.195/264.307. Probenentnahme durch Martin Allemann und Alex R. Furger am 15.01.2013 auf der Sohle der aufgelassenen Lehmgrube (ca. 2 m unter dem Terrain). Das siltig-feinsandige Material wurde hier bis vor ca. 50 Jahren entnommen⁵³⁶.

- Tonfarbe der *Normalprobe* (TON 044–047): roh: ockerbeige (feinsandig-mürbe); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: beige (feinsandig, wenig kompakt); gebrannt bei 1020°C: blass-rotbeige (kompakt, aber weich); gebrannt bei 1250°C: völlig zerflossen.
- Tonfarbe der feinen sandfreien *Aufschlammung* (TON 048–050): gesiebt, feingeschlämmt und getrocknet: beige; gebrannt bei 1020°C: blass-rotbeige (kompakt); gebrannt bei 1250°C: völlig zerflossen.

Literatur: Maggetti / Galetti 1993, Abb. 9, 1.

Lagerstätte 6: TON 075–084. Rheinfelden / AG, «Berg»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koordinaten s. unten. Probenentnahme durch Alex R. Furger im September 2012. Das Material wurde früher von der Firma Rheinfelder Keramik abgebaut und verwendet.

- Tonfarbe der Entnahmestelle A, Koord. 626.516/265.465, auf der ca. 10 m tiefen Grubensohle (TON 075–079): roh: beige-braun (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ocker; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkelbraun (dicht versintert).
- Tonfarbe der Entnahmestelle B, Koord. 626.545/265.501, am Grubenrand Ost, 1,5 m unter dem ursprünglichen Waldboden (TON 080–084): roh: beigebraun (feinsandig); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ocker; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkelbraun (dicht versintert).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 50 ff.; Zschokke / Rollier 1907, 12 f.

Lagerstätte 7: TON 085–099. Frick / AG, «Gruhalde / Glurhalde»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 643.000/263.000 (Fundort 1360 m nordwestlich der Lagerstätte 8). Probenentnahmen durch die Firma Tonwerke Keller AG, anschliessend getrocknet und fein ausgewalzt. Unter etwas Abraum und Kalkstein folgen ca. 20 m Obtususton (rotbrennend), gefolgt von einer dünneren Kalksteinbank mit schwarzem Schieferthon, darunter auf etwa 10 Tiefenmetern verschiedene Mergelschichten (getrennt durch ein Sandsteinband), die von der Abbau-firma als «Kalkmergel» (über dem Sandsteinband) und «Buntmergel» (darunter) bezeichnet werden. Die berühmten Saurier-Fossilien stammen aus den noch weiter unten liegenden Kalken des Oberen Keupers⁵³⁷. Das Lehmmaterial wurde früher zur Ziegelproduktion, heute für verschiedene baukeramische Erzeugnisse verwendet.

- Tonfarbe der Probe aus dem *Obtususton* (d.h. obere Schichten, Proben 085–089): roh: grau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkelbraun (völlig verschmolzen und grobblasig aufgequollen).

- Tonfarbe der Probe aus dem «*Kalkmergel*» (d.h. mittlere Schichten, Proben 090–094): roh: graubeige; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020°C: hellbeige (kompakt); gebrannt bei 1250°C: grünlich-ocker (völlig verschmolzen). Der Siebrückstand ist stark verlehmt (hellgrau).
- Tonfarbe der Probe aus dem «*Buntmergel*» (d.h. untere Schichten, Proben 095–099): roh: rötlichbeige; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rötlichbeige; gebrannt bei 1020°C: hellbeige (kompakt); gebrannt bei 1250°C: ockerfarben (völlig verschmolzen). Sehr viel Siebrückstand.

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 23 f.; Zschokke / Rollier 1907, 12 f.

Lagerstätte 8: TON 100–104. Frick / AG, «Cheeslete»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 643.920/260.920 (Fundort 1360 m südöstlich der Lagerstätte 7). Probenentnahmen durch die Firma Tonwerke Keller AG, anschliessend getrocknet und fein ausgewalzt. Der *Opalinuston* wird heute anderen Tönen für verschiedene baukeramische Erzeugnisse beigemischt.

Tonfarbe: roh: braungrau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020°C: dunkel-zeigelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: rotbraun (blasig versintert, im Bruch anthrazitbraun).

Lagerstätte 9: TON 105–108. Effingen / AG, «Bözberg»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 650.000/260.000. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: Probe «G.585.07.05.1961»; Probenbezeichnung: «Bohnerzlehm». Es stand nur eine sehr kleine Probenmenge zur Verfügung und der Fundort ist nicht präzise bekannt.

Tonfarbe: roh: dunkelrot; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braunrot; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (weich, bröselig); gebrannt bei 1250°C: dunkel-braunrot (hart versintert).

Lagerstätte 10: TON 109–113. Muttentz / BL, «Geispel»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 615.130/263.300. Probenentnahme durch Alex R. Furger im November 2012. Das Material wurde seit 1850 in einer Ziegelei verwendet.

Tonfarbe: roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerfarben; gebrannt bei 1020°C: dunkel-zeigelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkel-braunrot (kompakt versintert).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 89 f.

Lagerstätte 11: TON 001–003 und TON 114–118. Lausen / BL, «Huppergrube» im «Kohlholz» bei der «Wasserschöpf»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. um SLK 624.300/256.300. Probenentnahme durch Dobromila Janke in den 1980er-Jahren (Janke 1989); Probenentnahme der hellen Huppererde (TON 001–003) durch Hannes Weis um 1990 in einer besonders hellen, weissen Schicht sowie

535 Auf einem 1879 vermessenen und 1915 kopierten Katasterplan (Kaiseraugst/AG, Blatt 17) ist im Waldstück «Im Lochhau» die mögliche Lehmgrube aus einer Höhenkurve und dem Messpunkt «347.2» [m ü. M.] ersichtlich. In einem jüngeren Katasterplan von 1952 führt der heute noch befahrbare Waldweg durch die ehemalige Grube hindurch (Digitalisate der Katasterpläne befinden sich im Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst).

536 Auf die Grube machte Ernst Frey, Kaiseraugst / AG, aufmerksam. Sie ist bereits im Topographischen Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt Basel und Umgebung, von 1946 eingetragen.

537 Die Trias-Jura-Stratigraphie ist abgebildet auf <http://www.sauriermuseum-frick.ch/index.php?id=53> (19.12.2012). – Ich danke an dieser Stelle vor allem Pascal Hänsen, Laborleiter der Tonwerke Keller AG in Frick, für die Bereitstellung aller Proben, aber auch Hartmut Lehmann (Tonwerke Frick), Ben Papst (Zoologe / Paläontologe in Zürich) und David Wälchli (Grabungstechniker bei der Kantonsarchäologie Aargau) für Auskünfte.

eine weitere Probenentnahme durch André Fasolin um 2000. Das Material wurde ab der Firmengründung 1872 für die Produktion von feuerfesten Erzeugnissen wie Ziegel, Backsteine, feuerfeste Steine sowie glasiertem und feuerfestem Geschirr aus tonhaltiger Huppererde verwendet (bis in die 1970er-Jahre). Die Huppererde musste «extra fein geschlämmt und gesiebt» werden. Bereits 1895 wurden im Labor (Seger & Kramer, Laboratorium für Thonindustrie, Berlin/D) hohe Schmelzpunkte von 1350 bis 1870 °C ermittelt⁵³⁸.

- Tonfarbe der Probe Slg. Weis (TON 001–003): roh: hochweiss; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hochweiss; gebrannt bei 1020 °C: weiss (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: weiss (grob zerbrösel).
- Tonfarbe der Probe Slg. Fasolin (TON 114–118): roh: rötlichbeige; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rötlichbeige; gebrannt bei 1020 °C: blass-hellrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: ockerbraun
- Drei weitere Hupperlehmproben nach Janke 1989 (s. Tabelle 3): Analysennummer DJ101 (gelb, bröckelig-sandig), DJ102 (rot, klumpig-hart) und DJ104 (weiss).

Literatur: Leuthardt 1906; Grubenmann/Letsch 1907, 87 f.; Zschokke/Rollier 1907, 4; 10 f. Nr. 1529 etc.; 15; 24 Abb. 3; Senn 1928; Hofmann/Peters 1969, 11, Vorkommen C1 und C2; Tonwerk Lausen AG (Hrsg.), Festbroschüre 1872–1972 (Liestal[?] 1972) 13; Janke 1989.

Lagerstätte 12: TON 119–123. Diegten / BL, «Rotackerhügel»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 627.590/250.150. Probenentnahme durch Alex R. Furger im November 2012. Das als Bohnerzton bezeichnete Material wurde früher offenbar nur sporadisch benutzt; für welche Produkte ist unbekannt.

Tonfarbe: roh: rotbraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rotbraun; gebrannt bei 1020 °C: dunkelziegelrot (kompakt, aber rissig aufgequollen); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (kompakt, aber rissig aufgequollen, leicht).

Literatur: Grubenmann/Letsch 1907, 84 f.; Zschokke/Rollier 1907, 12 f.; 15.

Lagerstätte 13: TON 124–128. Buus / BL, «Winterhalde»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 632.870/261.150. Probenentnahme durch Alex R. Furger im November 2012. Das Material wurde früher von Hafnern der Region zum Ausstreichen von Öfen verwendet.

Tonfarbe: roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braungrau; gebrannt bei 1020 °C: rotbraun (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-ockerbraun (blasig verschlackt, sehr leicht).

Literatur: Grubenmann/Letsch 1907, 83 f.

Lagerstätte 14: TON 129–132. Basel / BS, «linkes Birsiguferr»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 611.150/267.480. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Probenbezeichnung: «Blauer Lett». Das Material findet sich immer wieder in Baugruben im Stadtzentrum, am Hang westlich des Marktplatzes.

Tonfarbe: roh: bläulichgrau (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellgrau; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige (kompakt, fein); gebrannt bei 1250 °C: völlig verschmolzen (Farbe wegen Durchmischung mit anderen geschmolzenen Proben nicht mehr eruierbar).

Lagerstätte 15: TON 133–136. Basel / BS, «Hechtliacker»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 612.300/265.030. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «CC 976. Basel, Hechtliacker, Fundierung des Hochhaus TA.1. Tiefe ca. 14 m. Leg. et don. F. Woltersdorf 1962. Oligozän: Chattien, Delsbergerkalke»; Probenbezeichnung: «Gelbweisser Mergel».

Tonfarbe: roh: hellbeige (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellbeige bis weiss; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige (kompakt, aber sehr leicht); gebrannt bei 1250 °C: dunkelrot (völlig verschmolzen, Oberfläche verglast).

Lagerstätte 16: TON 137–140. Bottmingen / BL, am rechten Ufer des Birsig

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 609.800/263.720. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «Bau der Unterzentrale von der A. G. Motor. Leg. Dr. A. Gutzwiller. 05.04.1913»; Probenbezeichnung: «Septarienton».

Tonfarbe: roh: grau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: völlig verschmolzen (Farbe wegen Durchmischung mit anderen geschmolzenen Proben nicht mehr eruierbar).

Lagerstätte 17: TON 141–144. Oberwil / BL, «Quellfassung»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 607.470/262.620. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «neue Quellfassung in ca. 6 m Tiefe auf 380 m unter Schotter ob Häuslisreben. Leg. Dr. A. Gutzwiller, Basel 1907. Ob. Oligocän»; Probenbezeichnung: «Tonige Süsswassermergel mit Kalkconcretionen».

Tonfarbe: roh: dunkelbeige; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellgraubeige; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: völlig verschmolzen (Farbe wegen Durchmischung mit anderen geschmolzenen Proben nicht mehr eruierbar).

Lagerstätte 18: TON 145–148. Oberwil / BL, ob «Häuslisreben»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 607.515/262.770. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «nordöstl. der gefassten Quellen & jenseits (nördlich) des dortigen Feldweges auf ca. 385 m. ... Tiefe von 10,40 m ... Oligocän. Stampien. Leg. Dr. A. Gutzwiller. Mai 1912»; Probenbezeichnung: «Blaugraue sandige Tone aus einem Sondirschacht».

Tonfarbe: roh: blaugrau bis braun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: graubraun; gebrannt bei 1020 °C: beige (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkelgrün? (völlig verschmolzen).

Lagerstätte 19: TON 149–152. Oberwil / BL, «Ziegelei»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 608.500/263.300. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «GZ3. Oberwil E Ziegelei»; Probenbezeichnung: «Hanglehm».

Tonfarbe: roh: ockergelb; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockergelb; gebrannt bei 1020 °C: dunkel-ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, dicht versintert).

Literatur: Grubenmann/Letsch 1907, 90 f.

Lagerstätte 20: TON 153–156. Therwil / BL, «Kuhbrunnen»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 610.000/260.750. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «aus 2 m Tiefe. Leg. Dr. A. Gutzwiller 19.06.1912»; Probenbezeichnung: «Tertiärer Ton, sehr fett, kalkhaltig. Oberoligozän. Delémontien».

Tonfarbe: roh: grüngrau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellbeige; gebrannt bei 1020 °C: rötlich-beige (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, dicht versintert).

Lagerstätte 21: TON 157–160. Therwil / BL, «Fichtenrainholz / Fürsteinhübel»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 610.000/261.200. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «auf 370 m nördl. vom Weg nach der Allmend. Leg. Dr. A. Gutzwiller. März 1910. Ober Oligocän. Delémontien»; Probenbezeichnung: «Ton mit Süsswasserkieseln».

Tonfarbe: roh: grünlichgrau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grünlichbeige; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt, im Bruch grobkörnig); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, leicht versintert).

538 Diesen Literaturhinweis und die Probe TON 114–118 verdanke ich André Fasolin, Ziefen/BL.

Lagerstätte 22: TON 161–165. Therwil / BL, «Föhrlibrunnen / Stelli / Kleinfeld / Buch-Buech»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 610.670/261.130. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «Aufgrabung gegenüber d. Föhrlibrunnen & unterhalb der «Stelli», östl. «Kleinfeld» ob dem untern Weg nach d. «Buch». Therwil. Dr. A. Gutzw.[iller]. 12.05.1912. Delémontien»; Probenbezeichnung: «Tert. Ton».

Tonfarbe: roh: braungrau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt, im Bruch sandig); gebrannt bei 1250°C: völlig verschmolzen (Farbe wegen Durchmischung mit anderen geschmolzenen Proben nicht mehr eruierbar).

Lagerstätte 23: TON 166–180. Witterswil / SO, unterer «Witterswiler Berg» unterhalb Hofstetten / SO

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koordinaten s. unten. Probenentnahme der Huppererde wenig unterhalb der Proben TON 181–193 durch Alex R. Furger im September 2012.

- Tonfarbe der Entnahmestelle B, Koord. 606.647/258.773 (TON 166–170): roh: ockerbraun (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerbraun; gebrannt bei 1020°C: rotbraun (kompakt, aber leicht aufgebläht); gebrannt bei 1250°C: dunkelbraunrot (kompakt, dicht versintert). Viel Siebrückstand.
- Tonfarbe der Entnahmestelle D, Koord. 606.474/258.889 (TON 171–175): roh: rötlich-ocker (mürbe); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rötlichbraun; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt, nicht aufgebläht); gebrannt bei 1250°C: braun (kompakt, nicht versintert).
- Tonfarbe der Entnahmestelle E, Koord. 606.450/258.893 (TON 176–180): roh: gelblich-ocker (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: gelblich-ocker; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: rötlich-braun (kompakt).

Literatur: <http://www.ebookxp.com/d6cebd500e/Blauen+exkursion+guide.html> (23.08.2012).

Lagerstätte 24: TON 181–193. Witterswil / SO, oberer «Witterswiler Berg» unterhalb Hofstetten / SO

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koordinaten s. unten. Probenentnahme des Bolus wenig oberhalb der Proben 166–180 durch Alex R. Furger im September 2012.

- Tonfarbe der *Normalprobe* der Entnahmestelle A, Koord. 606.670/258.728 (TON 181–185): roh: dunkelrot (hart verbacken); grob gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rotbraun; gebrannt bei 1020°C: braunrot (kompakt, absandend); gebrannt bei 1250°C: braun (kompakt, absandend). Viel verbackener Siebrückstand.
- Tonfarbe der feinen sandarmen *Aufschlammung* der Entnahmestelle A (TON 186–188): feingesiebt, feingeschlämmt und getrocknet: rotbraun; gebrannt bei 1020°C: braunrot (kompakt, stark absandend); gebrannt bei 1250°C: braun (kompakt, stark absandend).
- Tonfarbe der Entnahmestelle C, Koord. 606.656/258.773 (TON 189–193): roh: dunkel-braunrot (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rotbraun; gebrannt bei 1020°C: ziegelrotbraunrot (kompakt, absandend); gebrannt bei 1250°C: braun (kompakt, absandend); gebrannt bei 1250°C: braunrot (kompakt).

Literatur: <http://www.ebookxp.com/d6cebd500e/Blauen+exkursion+guide.html> (23.08.2012).

Lagerstätte 25: TON 194–197. Aesch / BL, Steinbruch zwischen Aesch und Pfeffingen

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 610.000/257.100. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «CC 148. Enthält viel Quarzsand. Leg. Dr. A. Tobler Basel 1894»; Probenbezeichnung: «Kalkreicher Hupper?».

Tonfarbe: roh: hellbeige; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: weiss-beige; gebrannt bei 1020°C: weiss (rissig, sehr leicht); gebrannt bei 1250°C: weiss (zerbröselt).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 91 f.; Zschokke / Rollier 1907, 12 f.; 16; 18.

Lagerstätte 26: TON 198–201. Duggingen / BL, «Lenzberg»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. ca. SLK 612.510/257.550. Aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «Schürfung III (gieng bis 4 m immer im gleichen Material, unten kalkfrei). Gutzw.[iller] Nov. 1905»; Probenbezeichnung: «Hupper, sehr thonhaltig, schwach kalkhaltig». Die Stelle liegt gegenüber von Aesch am rechten Birsufer.

Tonfarbe: roh: hellbeige (sandig); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellbeige; gebrannt bei 1020°C: beige-weiss (kompakt, leicht absandend); gebrannt bei 1250°C: hell-ocker (zerbröselt).

Literatur: Zschokke / Rollier 1907, 16.

Lagerstätte 27: TON 033–035. Seewen / SO, «Lungelen»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 616.900/252.150. Maschinelle Materialentnahme durch Firma ZZ Wanner AG, Laufen (laufend, nach Produktionsbedarf); Probenentnahme Juni 2012 (aus dem Depot im Saalfeld in Laufen / BL). Das Material ist laut Firmenangabe ein Opalinuston und wird heute in Laufen, unter Zumischung dortiger Tone, für die Produktion von Baukeramik verwendet.

Tonfarbe: roh: dunkelgrau (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020°C: hell-ziiegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: bräunlich-anthrazit (feinbläsig verschlackt, kompakt).

Literatur: (nicht in Grubenmann / Letsch 1907) Hofmann / Peters 1969, 10, Vorkommen B3.

Lagerstätte 28: TON 019–021. Laufen / BL, Grube «Müsch»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 605.850/251.350. Maschinelle Materialentnahme durch Firma ZZ Wanner AG, Laufen (laufend, nach Produktionsbedarf); Probenentnahme Juni 2012 (aus dem Depot im Saalfeld). Das Material ist laut Firmenangabe ein Lösslehm und wird heute in der Produktion von Baukeramik verwendet. Firmeninterne Bezeichnung «Moesch / Müsch».

Tonfarbe: roh: ockergelb (sandig); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockergelb; gebrannt bei 1020°C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250°C: dunkel-braunrot (dicht versintert, kompakt).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 138–141; Zschokke / Rollier 1907, 10 f.; Fleury 1909, 113 (das ockergelbe Material aus der Grube Müsch betreffend? «L'arsenic [val de Laufon] [colore le bol] en jaune d'or»).

Lagerstätte 29: TON 022–032. Laufen / BL, Grube «Saalfeld»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 605.000/251.000. Maschinelle Materialentnahme durch Firma ZZ Wanner AG, Laufen (laufend, nach Produktionsbedarf); Probenentnahme Juni 2012 (direkt aus der Grube, aus verschiedenen Straten). Firmeninterne Bezeichnung «Saal». Das Material, ein Septarienton, wird heute in der Produktion von Baukeramik verwendet.

- TON 022–026 = ganze Grube.
- TON 027–030 = verhärtetes unteres Band.
- TON 031–032 = hartes Band oben.
- Tonfarbe einheitlich (TON 022–032): roh: grau (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hell- bis mittelgrau (je nach Aufbereitung); ungeschlämmt gebrannt bei 1020°C: hell-ziiegelrot (bröselig); geschlämmt gebrannt bei 1020°C: rötlichbeige (kompakt); ungeschlämmt gebrannt bei 1250°C: dunkel-rotbraun (bläsig verschlackt, porös, aber kompakt; normaler Lehm) resp. dunkel-ocker (kompakt verglast; oberes verhärtetes Band); geschlämmt und gebrannt bei 1250°C: völlig verschmolzen (Farbe wegen Durchmischung mit anderen geschmolzenen Proben nicht mehr eruierbar; normaler Lehm) resp. dunkel-ocker (kompakt verglast; aus dem unteren verhärteten Band).

Literatur: Hofmann / Peters 1969, 11; 50 Abb. 30 (Vorkommen D1).

Lagerstätte 30: TON 249–255. Schopfheim / D, «Gündenhausen»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 627.500/277.900. Am «Entegast» gelegen. Umgangssprachlich «Elsässer Rotsand» genannt (Paul Werner, Basel). Maschinelle Materialentnahme durch Firma Eduard Hirz, Steinen / D (laufend, nach Kundenbedarf); Probenübergabe am 28.08.2012. Das Material wurde früher vor allem als Formsand genutzt.

Tonfarbe: roh: rot (Sand-Ton-Gemisch); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rötlichgrau; gebrannt bei 1020 °C: rotbraun (kompakt, absandend); gebrannt bei 1250 °C: dunkelrot-hellbeige gesprenkelt (kompakt, dicht versintert). Viel feinsandiger Siebrückstand.

Lagerstätte 31: TON 256–260. Steinen / D, «Föhribuck»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 623.500/277.150. Frisch erschlossene neue Grube. Maschinelle Materialentnahme durch Firma Eduard Hirz, Steinen/D (laufend, nach Kundenbedarf); Probenübergabe am 28.08.2012. Normaler Töpferton, rot brennend, kalkfrei (u. a. für Blumentöpfe geeignet).

Tonfarbe: roh: gelb; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: beige; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, dicht versintert).

Lagerstätte 32: TON 261–267. Steinen-Weitenau / D, «Katzhalde»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; etwa Koord. SLK 625.000/281.000. 4,5 km nordöstlich von Steinen. Die Tongrube ist heute nicht mehr zugänglich. Probenentnahme durch Eduard Hirz um 1990.

- Tonfarbe roh (TON 261–264): roh getrocknet: weiss; gebrannt bei 1020 °C: rötlichbeige (kompakt bis brüchig, mit verschiedenen Einsprengseln); gebrannt bei 1250 °C: hellrot-beige (verschlackt und aussen verglast, als Ganzes kompakt).
- Tonfarbe geknetet (TON 265–267): geknetet und getrocknet: weiss; geknetet und gebrannt bei 1020 °C: beige (kompakt); geknetet und gebrannt bei 1250 °C: hellrot-beige (verschlackt und aussen verglast, als Ganzes kompakt).

Lagerstätte 33: TON 268–272. Hauingen / D, «Hasel»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; etwa Koord. SLK 619.000/278.000. Maschinelle Materialentnahme durch Firma Eduard Hirz, Steinen/D (laufend, nach Kundenbedarf); Probenübergabe am 28.08.2012. Das Material wurde resp. wird verarbeitet u. a. von der Steinzeugfabrik in Embrach / ZH und der Rössler Keramik AG in Ersigen / BE. Ton geeignet u. a. für Blumentöpfe.

Tonfarbe: roh: gelb; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ocker; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (kompakt, dicht versintert).

Lagerstätte 34: TON 273–277. Efringen-Kirchen / D, «Enge» resp. «im Engetal» nördlich der Dorfes

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; etwa Koord. SLK 609.300/279.400. Die alte Tongrube ist noch gut sichtbar. Probenentnahme durch Eduard Hirz im Sommer 2012 (relativ oben, in Spatentiefe)⁵³⁹. Das Material wurde früher verarbeitet u. a. von der Firma Rheinfelder Keramik.

Tonfarbe: roh: hellweiss (u. U. kalkreich?); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: beige-weiss; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige (etwas aufgebläht und stark gesprungen); gebrannt bei 1250 °C: hellgrau (versintert und zerbröckelt). Viel Siebrückstand.

Lagerstätte 35: TON 278–300. Kandern / D, grosse Lehmgrube auf dem «Heuberg»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. 47.696631, 7.665476 (Fundort 760 m südwestlich der Lagerstätte 36). 2,0 km SSE vom Ortskern Kandern. Probenentnahme durch Alex R. Furger und einem Team der Firma Kandern Feuerfest GmbH im Juli 2012⁵⁴⁰. Das Material wird heute noch, fallweise mit importierten anderen Tönen vermischt, zur Herstellung feuerfester Platten und Ofenteile verwendet. Die dabei verwendete Schamotte wird mit Heuberg-Ton bei ca. 1300 °C gebrannt und gemahlen. Der Ton steht weiss und rötlichweiss gebändert an und enthält viel Quarzsand (heute gemischt verwendet, von uns jedoch auch separat beprobt).

- Tonfarbe der «weissen» Bänder, roh (Proben 278–281): roh getrocknet: hellgrau; gesiebt und getrocknet: hellgrau; gebrannt bei 1020 °C: rötlichbeige (nicht stabil, sehr grobkörnig); gebrannt bei 1250 °C: hellbeige (zerbröckelt); gebrannt bei 1350 °C (durch das Werk in Kandern): hellbeige-weiss.
- Tonfarbe der «weissen» Bänder, geschlämmt (Proben 282–285): gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellbeige; gebrannt bei

1020 °C: hellbeige (kompakt, etwas absandend); gebrannt bei 1250 °C: hellbeige (kompakt, hart). Viel Siebrückstand.

- Tonfarbe der «rötlichweissen» Bänder, roh (Proben 286–289): roh: rötlich; roh, gebrannt bei 1020 °C: hell-ziiegelrot (instabil, mit Einsprengseln); roh, gebrannt bei 1250 °C: braunrot (etwas härter, mit weissen Einsprengseln).
- Tonfarbe der «rötlichweissen» Bänder, geschlämmt (Proben 290–293): gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerorange; gesiebt, geschlämmt und gebrannt bei 1020 °C: hell-ziiegelrot (kompakt); gesiebt, geschlämmt und gebrannt bei 1250 °C: rotbraun (kompakt, leicht versintert, mit feinen weissen Einsprengseln). Viel Siebrückstand.
- Tonfarbe des gemischten Materials, roh (Proben 294–296): roh: hell-ockerbeige; roh, gebrannt bei 1020 °C: rötlichbeige (porös); roh, gebrannt bei 1250 °C: hellbeige (zerbröckelt).
- Tonfarbe des gemischten Materials, geschlämmt (Proben 297–300): gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellbeige; gesiebt und geschlämmt, gebrannt bei 1020 °C: rötlichbeige (kompakt); gesiebt und geschlämmt, gebrannt bei 1250 °C: graubeige (kompakt, aber absandend). Viel Siebrückstand.

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 18 und 24; Zschokke / Rollier 1907, 18; 24.

Lagerstätte 36: TON 301–307. Kandern / D, «Rotlehm» vom «Heuberg»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. 47.702484, 7.670217 (Fundort 760 m nordöstlich der Lagerstätte 35). Probenentnahme durch die Firma Kandern Feuerfest GmbH, entnommen ab dem Zwischendepot auf dem Heuberg im Juli 2012. Das Material wird firmenintern als «Rotlehm» bezeichnet; es wird den feuerfesten Produkten der Firma in geringen Anteilen beigemischt.

Tonfarbe: roh: rotbraun (fett); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: orangebraun; ungeschlämmt gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt, mit kleinen Einsprengseln); geschlämmt gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); ungeschlämmt gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, mit gut sichtbaren Einsprengseln, leicht versintert); geschlämmt gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, leicht versintert). Relativ viel Siebrückstand.

Lagerstätte 37: Teningen / D, Ortsteil Heimbach (heute nicht mehr zugänglich)

Koord. um 48.165, 7.828. Probenentnahme in einem Baggerschnitt in 2,5 m Tiefe durch Markus Egli und Roland Müller im September 2010, Analysen durch Marino Maggetti (Tabelle 3, Probe Mz 85). Das Material war früher als «Heimbacher Erde» sehr begehrt und wurde u. a. auch an Schweizer Töpfereien ausgeführt (Matzendorfer Steinzeug)⁵⁴¹.

Tonfarbe: weissrosa marmoriert; rote Partien (eisenreich) und hellere (nach Marino Maggetti). Keine Schlamm- und Brandversuche durchgeführt.

Literatur: Felchlin 1971, 16 ff. Abb. 6; 6.

539 Die Proben TON 249–277 aus mehreren Lehmvorkommen in Südbaden verdanke ich Eduard Wirz, Bagger- und Grubenunternehmen Steinen / D, Ortsteil Höllstein.

540 Ein herzlicher Dank für die vorzügliche Betreuung und die Fahrt zur Grube geht an Jürgen Günther, Kandern Feuerfest GmbH, D-79400 Kandern; <http://www.kandern-feuerfest.de> (04.07.2012).

541 Leider ist eine Probenentnahme heute nicht mehr möglich, da die alten Aufschlüsse unter einer schätzungsweise 4 m mächtigen Auffüllung liegen. Ich danke an dieser Stelle Angelika Thein und Thomas Hügler von den «Freunden der Geschichte Heimbachs» für verschiedene Auskünfte und Marino Maggetti, Université de Fribourg, für seine unpublizierten Analysen (Tabelle 3) und Beobachtungen im REM.

Lagerstätte 38: TON 004–009. Aedermannsdorf / SO, westlich von Hof «Nägeli»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 614.050/238.400. Probenentnahme der hellen Huppererde durch Werner Hug um 1980⁵⁴². Das Material wurde früher u. a. für die Fayencefabrik in Matzendorf / SO verwendet.

Tonfarbe: roh: weiss; ungeschlämmt und getrocknet: weiss; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: weiss; ungeschlämmt gebrannt bei 1020 °C: hellgrau-weiss (stark zerbröseln); ungeschlämmt gebrannt bei 1250 °C: grau-weiss gesprenkelt (stark zerbröseln); geschlämmt gebrannt bei 1020 °C: weiss (kompakt); geschlämmt gebrannt bei 1250 °C: hellgrau (kompakt).

Lagerstätte 38: Aedermannsdorf / SO-«Nägeli (ohne neue Probe)

Probenentnahme durch Dobromila Janke in den 1980er-Jahren. Koordinaten unbekannt. Hupperlehm nach Janke 1989, Analysennummer DJ 115 (weiss, körnig; s. Tabelle 3).

Lagerstätte 38: TON 010–015. Aedermannsdorf / SO, westlich von Hof «Nägeli»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 614.050/238.400. Probenentnahme der «normalen» Huppererde durch Werner Hug um 1980. Das Material wurde früher u. a. für die Fayencefabrik in Matzendorf / SO verwendet.

Tonfarbe: roh: ockerbraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hell-ockerbraun; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkelrot (kompakt). Die stark gekneteten Proben TON 015 resp. 015bis waren nach den beiden Bränden weniger kompakt und neigten zum Zerbröseln.

Mit einem Gemisch TON 009/010 wurde auch eine Tiegelerkonstruktion getöpfert (Abb. 113,8).

Literatur: Hofmann / Peters 1969, 11, Vorkommen C3.

Lagerstätte 38: TON 016–018. Aedermannsdorf / SO, am Berghang westlich von Hof «Nägeli»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 613.200/238.300. Probenentnahme durch Werner Hug um 1980. Es ist unklar, ob auch dieses Material früher von der Fayencefabrik in Matzendorf / SO oder von einer anderen Industrie für feuerfeste Produkte verarbeitet wurde. Bolus in steinhart getrockneter Form.

Tonfarbe: roh: rot; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braunrot; gebrannt bei 1020 °C: braunrot (neigt zum Zerbröseln); gebrannt bei 1250 °C: rötlich-braungrau, dunkel (blasig verschlackt, aber kompakt).

Lagerstätte 39: TON 222–225 und TON 226–240. Aedermannsdorf / SO, «Hammer» / «Eisenhammer»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 613.200/238.300. Eine Probe stammt aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «aus der Huppergrube. Beim Hammer in Aedermannsdorf. Leg. E. Baumberger 1906»; Probenbezeichnung: «Weisser Hupper» (TON 222–225). Eine weitere Probe wurde durch Roland Müller und Alex R. Furger im Sommer 2012 aus einer kleinen sekundären Deponie (leider stark verunreinigt) rund 50 m von der einstigen Abbaustelle entfernt geborgen (TON 226–232). Wegen der Verunreinigungen viele Pflanzenkleinteile im Siebrückstand. Die alte Grube zum anstehenden Hupperton ist heute nicht mehr zugänglich. Das Material wurde früher u. a. für die Fayencefabrik in Matzendorf / SO verwendet.

- Tonfarbe Slg. IPNA (TON 222–225): roh: hellgrau-weiss (sandig); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: weiss-beige; gebrannt bei 1020 °C: stumpfweiss (kompakt, mit gelblichen Einsprengseln); gebrannt bei 1250 °C: stumpfweiss (kompakt, absandend, mit gelblichen Einsprengseln).
- Tonfarbe der Proben TON 226–230: roh: braungrau (eigentlich Huppererde, jedoch durch organische Beimengungen [Asche? Holzkohleflitter] stark verunreinigt); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braungrau dunkel; gebrannt bei 1020 °C: beige (zu Pulver zerfallen); gebrannt bei 1250 °C: – (kein Testbrand). Viel organischer, dunkler Siebrückstand.

- Tonfarbe des im Setzbecken gewonnenen, von den Holzkohlepartikeln teilweise getrennten Materials (Proben 231–232): gebrannt bei 1020 °C: beige (zu Pulver zerfallen); gebrannt bei 1250 °C: – (kein Testbrand).

Lagerstätte 40: TON 233–240. Matzendorf / SO, «Rotacker»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 614.250/238.500. Probenentnahme durch Roland Müller (Balsthal / SO) und Alex R. Furger im Sommer 2012 (im Wald ergraben)⁵⁴³. In der Matzendorfer Fayenceware war früher 1/6 dieser Roterde enthalten (Rezept von 1805) resp. 1/2 (Rezept von 1808).

- Tonfarbe Proben 233–236 (in 0,2 m Tiefe entnommen): roh: ocker-gelb; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: braun; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: rotbraun (kompakt, hart).
- Tonfarbe der Proben 237–240 (in 0,3 m Tiefe entnommen): roh: rötlich; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rotbraun; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: rotbraun (kompakt). Viel Siebrückstand.

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 291–293; Zschokke / Rollier 1907, 18; Maggetti / Galetti 2000, 106 f. Abb. 2 und 145 Probe-Nr. Mz 7. Zur Firmengeschichte: Vogt 1993.

Lagerstätte 41: TON 241–248. Bonfol / JU, «Sur les Creux»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 579.500/258.950. Probenentnahme durch Felicitas Holzgang um 1990. Das Material wurde früher aus bis zu 40 m Tiefe gewonnen und in der dortigen Fayencemanufaktur sowie in einer Ziegelei verwendet. Der Aufschluss ist heute nicht mehr zugänglich.

- Tonfarbe ungeschlämmt (TON 241–245): roh: rötlichbeige (Probe als «bigarrée» [buntscheckig] bezeichnet)⁵⁴⁴; geknetet und getrocknet: rötlichbeige; gebrannt bei 1020 °C: hell-ziegelrot (kompakt, weisse Einsprengsel gut sichtbar); gebrannt bei 1250 °C: rotbraun (kompakt, hart, weisse Einsprengsel gut sichtbar).
- Tonfarbe geschlämmt (TON 246–248): gesiebt, geschlämmt und getrocknet: rötlichbeige (feiner als TON 242); gebrannt bei 1020 °C: hell-ziegelrot (kompakt, nur ganz wenige weisse Einsprengsel); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-rotbraun (kompakt, hart, nur ganz wenige weisse Einsprengsel).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 97–99; Zschokke / Rollier 1907, 12 f.; Hofmann / Peters 1969, 11; 24, 51 ff. Abb. 31–33 (Vorkommen D2); Babey / Thierrin-Michael 2003 (frühneuzeitliche Keramikprodukte, aber keine anstehenden Tone analysiert); Babey 2016, 57 f. Abb. 33 Anm. 487 und 505 (zur grossen Lagerstätte).

542 Ich danke Werner Hug, Aedermannsdorf / SO, herzlich für Literaturhinweise und die Überlassung seiner Lehmproben, die er vor vielen Jahren an heute nicht mehr zugänglichen Aufschlüssen genommen hatte. Von ihm stammen auch Abschriften aus «Aedermannsdorfer Gemeinderaths-Protokollen» der Jahre 1883–1888, in denen immer wieder von erschöpften Huppergruben und der Suche nach neuen Vorkommen für die ortsansässige Tonwarenfabrik die Rede ist.

543 Ich danke an dieser Stelle Roland Müller aus Balsthal / SO für seine Begleitung zu zwei Lehmfundstellen im Thal, seine Einführung in das Keramikmuseum Matzendorf und verschiedene Fotos.

544 Ich danke der Töpferin Felicitas Holzgang in Bonfol herzlich für die Überlassung eines Tonmusters, das sie vor Jahren, als der Aufschluss noch zugänglich war, geborgen hatte. Laut Ursule Babey und Gisela Thierrin-Michael (E-Mail vom 18.06. resp. 03.07.2012) variieren die Bonfoltöne von gelb bis rötlich und sind eisenhaltig und nicht stark feuerbeständig.

Lagerstätte 42: Court / BE-Sur Frête (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 591.510/231.200. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER125–ER127 (Tabelle 3).

Literatur (zu den Huppererdevorkommen um Court): Schlaich 1934, 5 f.

Lagerstätte 43: Court / BE-Lac Vert (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 591.075/233.150. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER131–ER139 (Tabelle 3).

Lagerstätte 44: Court-Derrière Sairoche / BE (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 595.500/223.200. Hupperlehm nach Eramo 2006B, Analysen-Mittelwert nach Tab. 5 (Tabelle 3).

Lagerstätte 45: Champoz / BE, Mont Girod (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 590.300/233.625. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER140–ER141 (Tabelle 3).

Lagerstätte 46: Bellelay / BE, Forêt de Bérole (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 579.620/235.230. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER248 (Tabelle 3).

Lagerstätte 47: TON 349–370. Châtelat / BE

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER249–ER250 (Stelle A/B). Nach der aus Eramos Analysenwert (Tabelle 3) erkannten Kongruenz zu den römischen Augster Tiegeltönen der Tongruppe 1 sind von Alex R. Furger und Markus Helfert im Juli 2013 vor Ort grössere Tonproben (Stellen C–E) entnommen worden⁵⁴⁵.

Entnahmestelle Stelle A/B, ca. Koord. 581.370/235.510 (ungenau, da an dieser Stelle Kalkfelsen ansteht); Tonfarbe unbekannt.

- Tonfarbe der Proben TON 349–353 von der Entnahmestelle C, Koord. 581.445/235.515: roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: beigebräun; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (hart, noch nicht versintert); gebrannt bei 1250 °C: grünlichschwarz (dünn zerflossen).
- Tonfarbe der Proben TON 354–358 von der Entnahmestelle D, Koord. 581.335/235.510: roh: graubraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020 °C: braunrot (hart, noch nicht versintert); gebrannt bei 1250 °C: dunkelrotbraun (versintert aber nicht zerflossen; der natürlich enthaltene Quarzsand tritt kontrastreich hervor).
- Tonfarbe der Proben TON 359–363 von der Entnahmestelle E, Koord. 581.350/235.310, anstehende gelbliche Hauptkomponente: roh: ockergelb (nass *in situ*: gelb-beige, schmierig); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: beigebräun; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (hart, noch nicht versintert); gebrannt bei 1250 °C: malvenfarbig-dunkelbraunrot (versintert und leicht zerflossen).
- Tonfarbe der Proben TON 364–370 von der Entnahmestelle E, Koord. 581.350/235.310, in Linsen eingelagertes *helles Material*: roh: hell-ocker (stark feinsandig); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerbraun (eine besonders fein geschlämte Probe TON 365 bis ohne Sandbestandteil: ebenfalls ockerbraun); gebrannt bei 1020 °C: hell-zeigelrot (hart, noch nicht versintert); gebrannt bei 1250 °C: dunkelbraun (versintert und leicht zerflossen; der natürlich enthaltene Quarzsand tritt kontrastreich hervor).

Mit TON 360 und TON 365 wurden auch Tiegelerkonstruktionen getöpfert (Abb. 113, 9.10; 147) und Brennversuche durchgeführt (Abb. 112).

Lagerstätte 48: Monible / BE-Côte (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 582.140/235.490. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER251–ER252 (Tabelle 3).

Lagerstätte 49: Saicourt / BE-La Fuet (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 580.100/232.700. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER253–ER254 (Tabelle 3).

Lagerstätte 50: Souboz / BE-Montaigu (ohne neue Probe)

Koord. um SLK 586.725/235.940. Hupperlehm nach Eramo 2006A, Analysennummer ER255–ER256 (Tabelle 3).

Lagerstätte 51: TON 202–216. Rickenbach / SO, «Huppergruben» nordwestlich des «Born»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koordinaten s. unten. Probenentnahme durch Alex R. Furger im November 2012. Der Rickenbacher Hupperlehm und der daneben anstehende Sandstein wurden in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts in Giessereien von Luzern und Schaffhausen geliefert. Heute ist das Areal Naturschutzgebiet mit Wald und Weihern; die ehemaligen Abbaustellen des Huppers sind nicht mehr eruierbar⁵⁴⁶.

- Tonfarbe der Entnahmestelle A, Koord. 632.221/242.316, umgestürzter Baumstrunk am NW-Rand des grossen Hupperweihers (TON 202–206): roh: braun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grauocker (mit erkennbaren Glimmern); gebrannt bei 1020 °C: rotbraun (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: anthrazit-braun gesprenkelt (kleinblasig versintert).
- Tonfarbe der Entnahmestelle B, Koord. 632.239/242.325, Steilbord am Nordrand des grossen Hupperweihers (TON 207–211): roh: grau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: dunkel-ocker (mit erkennbaren Glimmern); gebrannt bei 1020 °C: rotbraun (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkel-braunrot (kompakt, dicht versintert, mit feinen hellen Einsprengseln, aber keinen Bläschen).
- Tonfarbe der Entnahmestelle C, Koord. 632.276/242.295, beim kleinen Weiher im Süden oberhalb des grossen Hupperweihers (TON 212–216): roh: braunbeige; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerfarben (mit erkennbaren Glimmern); gebrannt bei 1020 °C: rotbraun (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: rotbraun bis graubraun gesprenkelt (dicht versintert).

Literatur: Grubenmann/Letsch 1907, 288 f.; Martin 1906, 97 f.; Kehrler 1922, 19–21; Emery/Berger 2004, Abstract (1 Seite); Emery 2007, 53 f. Abb. 1–3.

Lagerstätte 52: Rickenbach / SO, Nordwestausläufer des «Born» (ohne neue Probe)

Probenentnahme durch Dobromila Janke in den 1980er-Jahren. Koord. um SLK 632.500/242.000 (Relation zu Rickenbach-«Huppergruben» [TON 202–216] unbekannt). Hupperlehm nach Janke 1989, Analysennummer DJ127 (gelb, klumpig) und DJ129 (rot, körnig; Analysewerte Tabelle 3).

Lagerstätte 53: TON 217–221. Lengnau / BE, «Neue Zelt»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 594.730/226.560. Huppergrube auf Terrain der Burgergemeinde Lengnau. Weil die Stelle um 1964–1980 mit Aushubmaterial aufgefüllt worden ist, ist sie heute nicht mehr zugänglich. Die Entnahme unserer Probe erfolgte vor mehreren

⁵⁴⁵ Ich danke an dieser Stelle Marino Maggetti und Markus Helfert für Unterlagen resp. Assistenz im Gelände von Châtelat. Nachdem bei der Koordinate 581.370/235.510 (nach G. Eramo) nur Felsen vorgefunden wurde, konnte graubrauner Lehm wenig weiter westlich (D) und östlich (C) der Stelle beprobt werden, jedoch kein heller Hupperlehm. Auf die sehr interessante Stelle E (in einer alten [Lehmabbau-?]Grube unmittelbar östlich des Wasserreservoirs) machte uns ein ortsansässiger Landwirt aufmerksam.

⁵⁴⁶ Ich danke an dieser Stelle Verena Schenk-Leu vom Natur- und Vogelschutzverein Wangen b.O. für Nachforschungen und Auskünfte zur früheren Nutzung des «Vogelschutzgebiets Huppergrube» in Rickenbach.

Jahrzehnten durch einen Sammler aus Lengnau⁵⁴⁷. Der Rohstoff wurde ab 1776 im Rahmen obrigkeitlicher Konzessionen im Tagebau abgebaut, und 1887 wurde von zwölf Grundbesitzern sogar eine «Huppergesellschaft Grenchen» gegründet. Der in die einstige Abbausenke führende Stollen diente dem Abtransport (heute noch 200m davon begehbar). Der Hupper-Abbau wurde Ende der 1940er-Jahre eingestellt. Das Material ist zeitweise sogar u. a. nach Italien exportiert worden. Aus Belegen von 1934–1939 ist ersichtlich, dass jeweils 12,5 bis 17,3 Tonnen Lengnauer Hupperlehm per Bahn nach Lugano / TI speditiert wurde.

Tonfarbe: roh: weiss; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: hellgrau; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige-weiss (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: hellbeige-weiss (kompakt). Wenig Siebrückstand.

Literatur: Strub 1943; Strub 1949, 332–334; Abrecht 1997 (ausführlich mit zum Abbau von Huppererde in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts).

Lagerstätte 54: TON 313–320. Lohn / SH, Grube «im Guet» zwischen Lohn und Stetten

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 692.130/289.580. Probenentnahme durch Firma Lohner Ziegelei AG (maschinell und laufend nach Bedarf). Firmeninterne Bezeichnung «Erz». Das Material wird bis heute für Ziegel und feuerfeste Produkte verwendet.

- Tonfarbe der *Normalprobe* (TON 313–317): roh: ockerbraun; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: dunkel-ockerfarben; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: dunkelbraunrot (kompakt).
- Tonfarbe des zähen *Restmaterials* nach dem Schlämmen (TON 318–320): gesiebt, geschlämmt und getrocknet: ockerfarben; gebrannt bei 1020 °C: ziegelrot (grobkörnig); gebrannt bei 1250 °C: dunkelbraunrot (kompakt, leicht versintert).

Literatur: Grubenmann / Letsch 1907, 263 ff.; Zschokke / Rollier 1907, 12 f.; Hofmann / Peters 1969, 11 und 24, Vorkommen C6.

Lagerstätte 55: TON 321–325. Lohn / SH, Grube «Dicki / Ticki» in Büttenhardt

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; etwa Koord. SLK 691.500/290.950. Probenentnahme durch Firma Lohner Ziegelei AG (maschinell und laufend nach Bedarf). Firmeninterne Bezeichnung «blauer Lehm». Das Material wird seit etwa 1880 abgebaut und bis heute – mit anderen Lehmen gemischt – für Backsteine und Ziegel verwendet.

Tonfarbe: roh: ockergrau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020 °C: blass-ziiegelrot (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: grau (völlig verschmolzen). Lagerstätte 56: TON 326–333. Lohn / SH, Grube «Rüti / Rütenen» resp. «Wasen»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 692.374/291.000. Probenentnahme durch Firma Lohner Ziegelei AG (maschinell und laufend nach Bedarf). Firmeninterne Bezeichnung «Lahn». Die hiesige Lehmgewinnung geht auf 1640 zurück. Das Material wurde früher immer vermischt mit anderen Lehmen für Ofenwaren verwendet. Heute wird es für Ziegel und feuerfeste Produkte verwendet.

- Tonfarbe *Normalprobe* (TON 326–330): roh: hellrot; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: beige; gebrannt bei 1020 °C: hell-ziiegelrot (kompakt, mit feinen Glimmern); gebrannt bei 1250 °C: graurot (kompakt, mit feinen Glimmern).
- Tonfarbe *extra fein gesiebt und geschlämmt* (TON 331–333): feingesiebt, feingeschlämmt und getrocknet: hellbeige; gebrannt bei 1020 °C: blass-ziiegelrot (kompakt aber weich, mit feinen Glimmern); gebrannt bei 1250 °C: graurot (kompakt).

Lagerstätte 57: TON 308–312. Schlatt / TG, «Neu-Paradies»

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Koord. SLK 694.000/282.120 (ca. 5,2 km ost-südöstlich von Schaffhausen). Probenentnahmen durch die Firma Tonwerke Keller AG, anschliessend getrocknet und fein ausgewalzt (erhalten vom Labor der Tonwerke Frick / AG). Der *Bänderton* wird heute anderen Tonen für verschiedene baukeramische Erzeugnisse beige-sicht.

Tonfarbe: roh: braungrau; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grau; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige (kompakt); gebrannt bei 1250 °C:

völlig verschmolzen (Farbe wegen Durchmischung mit anderen geschmolzenen Proben nicht mehr eruierbar).

Lagerstätte 58: TON 334–341. Westerwald (bei Siershahn resp. Limburg / D)

Farbe und Struktur siehe Abb. 74; Zwei *Vergleichstone* aus einem sehr grossen Lehmabbaugebiet 330 km nördlich von Augusta Raurica, das in grossem Stil Material für die moderne Industrie für feuerfeste keramische Produkte liefert (Koord. um 50.485, 7.777). Maschinelle Materialentnahme durch die lokalen Abbaufirmen, Import durch Firma Eduard Hirz, Steinen / D, Probenübergabe am 28.08.2012.

- Tonfarbe der Qualität «1001» (Proben 334–337) der Firma Goerg & Schneider⁵⁴⁸: roh: grauweiss; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: grauweiss; gebrannt bei 1020 °C: hellgrau-weiss (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: hellgrau (kompakt).
- Tonfarbe der Qualität «1504» (Proben 338–341): roh: weiss; gesiebt, geschlämmt und getrocknet: weiss; gebrannt bei 1020 °C: hellbeige-weiss (kompakt); gebrannt bei 1250 °C: hellgrau (kompakt).

Lagerstätte 59: TON 342–344. Hauzenberg / D, Kropfmühl

Farbe und Struktur siehe Abb. 74. *Vergleichston* resp. *Magerungsmaterial* aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk (durch Elisabeth Schmid): Probe «G.584. Graphitwerke Kropfmühl / Passau»; Probenbezeichnung: «kleinstückiger Rohgraphit». In Hauzenberg-Kropfmühl 18 km nordwestlich von Passau wird bis heute Graphit abgebaut (Koord. um 48.6220, 13.6571).

Graphit wird hier zusätzlich zu einer Serie von Tonen aufgelistet, weil er bis heute zur Magerung von hitzebeständiger Industriekeramik, insbesondere von Schmelztiegeln verwendet wird.

Farbe: roh: stahlgrau (matt glänzend); gemörsert und fein gesiebt: anthrazit (glitzernd); gebrannt bei 1020 °C: rötlich (hart, mit grauen Sprenkeln); gebrannt bei 1250 °C: anthrazit (blasig verschmolzen) (Graphit beginnt langsam ab 500 °C zu oxidieren und verbrennt bei rund 3500 °C).

Analyse (Tabelle 3): Der für Graphit typische Hauptbestandteil Kohlenstoff wird mit der pXRF-Methode gar nicht erfasst. Im Unterschied zu Tonen fallen unter den detektierten Elementen eigentlich nur erhöhte S- und K-Anteile auf.

Literatur: Bauer 1983, 24 ff.

Lagerstätte 60: TON 345–348. Lipari / I

Farbe und Struktur siehe Abb. 74. *Vergleichs-«Ton»* aus der Erdprobensammlung der IPNA Basel, Inv.-Vermerk: «Herkunft: Lipari. Datum: Sept. 1974. Leg[at]: [Elisabeth] Schmid»; Probenbezeichnung: «Kaolin».

Kaolin (auch Pfeifererde, Porzellanerde, weisse Tonerde oder Bolus genannt) wird hier zusätzlich zu einer Serie von Tonen aufgelistet, weil es bis heute in der Porzellanindustrie verwendet wird und weil kaolinitische Tone (Hauptbestandteil: Aluminiumsilikat) als besonders

547 Ich danke einerseits Alfred Fasnacht, Kehrsatz / BE, Rainer Walter, Grenchen / SO, und Heinz Rüfli, Lengnau / BE, für die Vermittlung schriftlicher Unterlagen und einer alten, «allerletzten» Hupperlehmprobe und andererseits Salome Moser Schmidt vom Stadtarchiv Grenchen für Kopien aus dem Grenchner Tagblatt von 1943. – Der benachbarte, rund 150 m entfernte Hupperlehmaufschluss auf dem Gebiet der Gemeinde Grenchen / SO (Koord. SLK 594.655/226.705) wurde nicht untersucht. Das Areal ist heute vom Hupperweiher (resp. «Käppeliweiher») bedeckt und nicht mehr zugänglich (geschütztes Biotop). Zschokke / Rollier 1907, 18.

548 Goerg & Schneider GmbH u. Co. KG, D-56427 Siershahn / D, <http://www.goerg-schneider.de/> (28.08.2012). Eine Anfrage bei der Firma zu Eigenschaften und Unterschieden der beiden Proben «1001» und «1504» blieb leider unbeantwortet.

hitzebeständig gelten. Sein Schmelzpunkt liegt bei etwa 1450 °C (Koordinaten 38.48, 14.93).

Farbe: roh: schneeweiss (kreibig, leicht); gesiebt, geschlämmt und getrocknet: weiss (brüchig und weich); gebrannt bei 1020 °C: weiss (etwas gehärtet); gebrannt bei 1250 °C: weiss (etwas gehärtet, absandend).

Analyse (Tabelle 3)⁵⁴⁹: Im Unterschied zu Tonen fällt vor allem der extrem geringe Eisenanteil auf. Auch Mn, Mg und Cr fehlen, während die S- und P-Gehalte etwas höher als in Tonen sind. Die hohen Werte für SiO₂ und Al₂O₃ sind auf den Hauptbestandteil Aluminiumsilikat zurückzuführen und in ähnlicher Konzentration vorhanden wie in gängigen Töpfertonen.

Literatur: Caley/Richards 1956, 58 f.; 209; 213 (Die «Samische Erde» bei Theophr., *lap.* 62–64, war möglicherweise eine für die Keramikherstellung genutzte Kaolinerde).

Herkunft der Augster Tiegeltonne

(MARKUS HELFERT und ALEX R. FURGER)

Prämissen

Die formale Einheitlichkeit des Tiegelmateri als aus Augusta Raurica würde zunächst den Schluss auf eine lokale Versorgung durch die Töpfereien vor Ort zulassen⁵⁵⁰, wenn nicht bereits bei der makroskopischen Aufnahme die grossen farblichen Unterschiede in der Tiegeleramik und ebenso in der Magerung zu beobachten wären. Es standen zu Projektbeginn demzufolge unterschiedliche Tonarten verschiedener Herkunftsorte in unserem Fokus.

Nach Harald von Petrikovits «wurden zwar vielerorts [Tone] gefunden, aber nicht alle Vorkommen eigneten sich für die Zwecke des Töpfers oder Zieglers». Er verweist auf römische Töpfer in Neuss/D und Bonn/D, die «nicht die örtlichen diluvialen, sondern tertiären Tone, die herangeschafft werden mussten», verwendet hätten. Er erwähnt auch den «Quarzsand, der bei Frechen/D anstand», der für die Glasherstellung über 10 km bis zum Rhein nach Köln transportiert wurde und der genauso gut auch als «Magerungsmittel für fette Keramiktone» hätte dienen können⁵⁵¹. Es war also auch damit zu rechnen, dass besonders hitzebeständige Schmelztiegel aus auswärtigen Tonen mit deren spezifischen Eigenschaften gefertigt wurden.

Fragestellung

Eine zentrale Frage, die an die geochemischen Untersuchungen der Tiegeleramik geknüpft wurde, ist die der *Herkunft* der verwendeten Tone. Aus der Verbindung von lokalen, regionalen oder überregionalen Tonressourcen und den römischen Bronzehandwerksbetrieben können wichtige wirtschaftsarchäologische Aspekte detaillierter betrachtet werden. So kann z. B. untersucht werden, ob dem antiken Handwerker feuerfestes Tonmaterial örtlich im Umfeld der Bronzegiessereiwerkstätte zur Verfügung stand und auch genutzt wurde oder vielleicht über weite Distanzen beschafft werden musste, bzw. ob damit zusammenhängend die Herstellung von Tiegeln in eigener Arbeit durchgeführt wurde oder ob die Tiegel von spezialisierten Töpfern produziert wurden.

Mit den umfangreichen Analysen zur Tiegeleramik aus Augusta Raurica und dem Nachweis von fünf verschiedenen Tiegeltongruppen lag die geeignete Grundlage vor, um weiterführende Untersuchungen zur Tonprovenienz anzuschliessen⁵⁵². Um solch eine Fragestellung zielführend beantworten zu können, sind ebenso umfangreiche Referenztonen notwendig, die mit den Analysen aus Augusta Raurica verglichen werden können. Aus diesem Grund hat Alex R. Furger im Vorfeld und während der geochemischen Untersuchungen systematisch in einem 50-km-Radius um Augusta Raurica Proben von 60 verschiedenen Standorten entnommen (Abb. 72), von denen seit dem Mittelalter oder der Neuzeit bekannt ist, dass dort feuerfeste und andere Tone abgebaut wurden oder noch werden (z. B. in Frick/AG)⁵⁵³. Von vielen Tonlagerstätten stammen mehrere Proben aus verschiedenen Tonlagen mit unterschiedlichen Farb- und Toneigenschaften (Abb. 73). Die Anzahl der Lagerstätten und der Umfang an Einzelproben dieser Probenserie sind derzeit einmalig für eine Untersuchung zur römischen Tiegelproduktion. Ausser den regionalen Tonvorkommen standen vor allem die lokalen, in Augusta Raurica anstehenden Tone im Zentrum unseres Vergleichs mit den Tiegeln.

Mit den Ergebnissen aus der Charakterisierung der Tiegeltongruppen (s. o.) wurden zwei Arbeitshypothesen aufgestellt. In der ersten wurde angenommen, dass fast alle Tone aufgrund des «täglichen» Bedarfs und des Transportaufwandes lokalen Ursprungs sind. Für die zweite Hypothese wurde formuliert, dass das Gros der Tiegel aufgrund der hohen Anforderungen an die Feuerfestigkeit aus einem Spezialton gefertigt und Ton oder die gebrauchsfertigen Tiegel nach Augusta Raurica verhandelt wurden.

Für die Beantwortung der Frage nach der möglichen lokalen Tonherkunft der Tiegel standen zunächst die sehr umfangreichen Analyseserien zur Keramik- und Ziegelproduktion in Augusta Raurica der Arbeitsgruppe für Archäometrie der Universität Freiburg/FR zur Verfügung,

549 Als Nachtrag sei auch das Kaolinvorkommen in Santa Severa bei Civitavecchia/I erwähnt. Ein Probe des Materials (aus der Sammlung Markus und Christiane von Kaenel, Frankfurt/D) hat Markus Helfert ebenfalls mit pXRF gemessen (s. Tabelle 3, unten). Sie unterscheidet sich von Lipari-Kaolin nur unwesentlich. Die Kaolinvorkommen von Civitavecchia-Santa Severa «waren offenbar schon in der Antike bekannt» (eine E-Mail vom 17.06.2014 mit Analysetabelle verdanke ich Markus Helfert).

550 Tylecote 1982, 240: «There seems to be no evidence for the transport of finished crucibles, except by the itinerant smith.»

551 von Petrikovits 1980, 131. – Ganz anders Rabeisen u. a. 2010, 354, mit dem lapidaren Hinweis, die Lehm- und Sandvorkommen «aux environs immédiats» der römischen Fundstätte Javols/F hätten es problemlos erlaubt, hitzebeständige Tiegel und Gussformen mit lokalem Material herzustellen.

552 In der Regel sind bislang pro Fundplatz lediglich kleine Serien von Tiegeln analysiert worden. Vgl. Hauptmann/Weigerber 2004.

553 Vgl. Kapitel zu den Tonen S. 127 ff.

die in den vergangenen 40 Jahren projektweise entstanden sind. Diese umfassen insgesamt 280 Einzelproben von Referenzgruppen und lokalen Tonvorkommen⁵⁵⁴. Hinzu kamen die Analysenergebnisse zu feuerfesten Tönen, sogenannten Huppererden, aus dem Schweizer Jura, die von Giacomo Eramo systematisch untersucht wurden⁵⁵⁵. Darüber hinaus wurden für die Herkunftsbestimmung die bereits erwähnten Rohtone von 60 Orten aus einem Umkreis von rund 50 km um Augusta Raurica wie die Tiegel mittels P-ED-RFA analysiert und als Vergleichsgrundlage verwendet (Abb. 74).

Auswertung der Analyseergebnisse

Für die Gesamtauswertung hat sich als grosser Vorteil erwiesen, dass von den verfügbaren Tönen jeweils drei bis vier Analysen durchgeführt werden konnten, und zwar vom Rohton, dem geschlämmten ungebrannten Ton, dem bei 1020 °C und dem bei 1250 °C gebrannten Ton⁵⁵⁶. Hierdurch ergeben sich pro Tonlagerstätte mehr oder weniger dichte Punktwolken, je nach Veränderung der Bestandteile, in erster Linie jedoch durch das Aussieben gröberen Sandes.

Im Vergleich der geochemischen Analysen zwischen Tiegeltönen, *Lutum* und Tonlagerstätten wurden zunächst im Ausschlussverfahren diejenigen Proben herausgenommen, die *deutlich ausserhalb* der Bereiche der Elementkonzentrationen der Tiegeltöne und des *Lutums* lagen. Darstellbar ist dies z. B. anhand des Streudiagramms SiO₂/Al₂O₃ (Abb. 75). Durch CaO-Gehalte über 15 Gew.-% konnten 17 Lagerstätten direkt ausgeschlossen werden (Abb. 76). Es handelt sich hierbei um:

- Nr. 5 → Giebenach / BL, Site
- Nr. 7 → Frick / AG, Gruhalde
- Nr. 14 → Basel / BS, linkes Birsigufer
- Nr. 15 → Basel / BS, Hechtliacker
- Nr. 16 → Bottmingen / BL, rechtes Birsigufer
- Nr. 17 → Oberwil / BL, Quellfassung
- Nr. 18 → Oberwil / BL, ob Häuslisreben
- Nr. 20 → Therwil / BL, Kuhbrunnen
- Nr. 25 → Aesch / BL, Steinbruch
- Nr. 29 → Laufen / BL, Saalfeld
- Nr. 34 → Efringen-Kirchen / D, Im Engetal
- Nr. 38 → Aedermannsdorf / SO, westlich Hof «Nägeli» (zudem zu hohe Fe₂O₃-Werte über 9%)
- Nr. 39 → Aedermannsdorf / SO, Hammer, Eisenhammer (ausser TON 222–224)
- Nr. 47 → Châtelat / BE, Stelle C
- Nr. 54 → Lohn / SH, Im Guet
- Nr. 55 → Lohn / SH, Büttenhardt
- Nr. 57 → Schlatt / TG, Neu-Paradies

Durch Fe₂O₃-Konzentrationen über 8 Gew.-% konnten zwei weitere Lagerstätten ausgeschlossen werden:

- Nr. 23 → Witterswil / SO, Witterswiler Berg, unten (TON 167–169)
- Nr. 59 → Hauzenberg / D, Kropfmühl

Mit Hilfe der Spurenelemente Rubidium und Strontium, welche die Tiegeltongruppen 1–5 gut definieren, konnte die Lagerstätte Nr. 32 → Steinen-Weitenau / D, Katzhalde ausgeschlossen werden. Durch die Elementplots Rubidium/Chrom, Rubidium/Niob, Rubidium/Zirkon konnten weitere 15 Tonvorkommen als nicht mit den Tiegel- und *Lutum*-Proben übereinstimmend klassifiziert werden:

- Nr. 8 → Frick / AG, Cheeslete
- Nr. 11 → Lausen / BL, Huppergrube
- Nr. 12 → Diegten / BL, Rotackerhügel
- Nr. 23 → Witterswil / SO, Witterswiler Berg, unten (TON 171–180)
- Nr. 24 → Witterswil / SO, Witterswiler Berg, oben
- Nr. 26 → Duggigen / BL, Lenzberg
- Nr. 31 → Steinen / D, Föhribuck
- Nr. 33 → Hauingen / D, Hasel
- Nr. 35 → Kandern / D, Heuberg Süd
- Nr. 36 → Kandern / D, Heuberg Nord
- Nr. 40 → Matzendorf / SO, Rotacker
- Nr. 41 → Bonfol / JU, Sur les Creux
- Nr. 51 → Rickenbach / SO, Huppergruben NW «Born»
- Nr. 53 → Lengnau / BE, Neue Zelg (Hupperweiher)
- Nr. 58 → Siershahn / D, Westerwald

Durch deutlich zu hohe SiO₂-Gehalte (hohe Quarzsandanteile) sind folgende Tonlagerstätten charakterisiert und somit nicht mit den Tiegelgruppen identisch:

- Nr. 6 → Rheinfelden / AG, Berg
- Nr. 39 → Aedermannsdorf / SO, Hammer, Eisenhammer (TON 222–224)
- Nr. 42 → Court / BE, Sur Frête
- Nr. 43 → Court / BE, Lac Vert
- Nr. 44 → Court / BE, Derrière Sairoche
- Nr. 50 → Souboz / BE, Montaignu

Schliesslich lassen sich im Elementplot SiO₂/Fe₂O₃ die beiden Tonlager Nr. 10 → Muttens / BL, Geispel und 19 → Oberwil / BL, Ziegelei ausschliessen. Unter Berücksichtigung, dass die Elementkonzentrationen der untersuchten Tonproben lediglich das heutige Abbild ihrer geochemischen Zusammensetzung darstellen und die Lagerstätten mit ihren vielen unterschiedlichen Tonbändern nicht vollständig erfasst sind, wurden grössere Streubereiche (Anreicherungs- und Verdünnungseffekte) veranschlagt. Auf diese Weise sind insgesamt 13 Tonvorkommen mit den römischen Tiegeltongruppen aus Augst *ähnlich* (Abb. 77):

- Nr. 1 → Augst / BL, Schwarzacker

554 Jornet 1982; Jornet/Maggetti 1986; Maggetti/Galetti 1993; Schmid u. a. 1999; Jornet/Maggetti 2003. – Vgl. die übersichtliche Zusammenstellung in Schmid 2008, 258 f. Tab. 9.

555 Eramo 2006A.

556 Vgl. zur Aufbereitung der Proben S. 190f. und Abb. 74.

Nr. 2 → Kaiseraugst/AG, Im Sager
 Nr. 3 → Kaiseraugst/AG, Zelglihof
 Nr. 4 → Kaiseraugst/AG, Leimgrueb/Lochhau
 Nr. 9 → Effingen/AG, Bözberg
 Nr. 13 → Buus/BL, Winterhalde
 Nr. 21 → Therwil/BL, Fichtenrainholz
 Nr. 22 → Therwil/BL, Föhrlibrunnen/Stelli
 Nr. 27 → Seewen/SO, Lungelen
 Nr. 28 → Laufen/BL, Müsch
 Nr. 30 → Schopfheim/D, Gündenhäusen
 Nr. 47 → Châtelat/BE, Stellen D-E⁵⁵⁷
 Nr. 56 → Lohn/SH, Rütli/Rütenen/Wasen

Von diesen übrig gebliebenen Tonlagerstätten können in der detaillierten Auswertung aufgrund zu geringer Strontium- und Zirkon-Gehalte die Nr. 13, 21, 22, 27, 28 ebenfalls als in Frage kommende Tonvorkommen ausgeschlossen werden. Zudem scheidet Nr. 56 durch sehr niedrige CaO-Konzentrationen (<0,275 Gew.-%; geringer als der Gehalt in den Gruppen 1–5) aus. Anhand der Gehalte von Vanadium zu Rubidium ist Lagerstätte Nr. 9 auszuschliessen. Zu guter Letzt scheiden als Vergleichstone diejenigen des Vorkommens Nr. 30 aus, da die niedrigen TiO₂-Konzentrationen untypisch für die Tiegeleramik und das *Lutum* aus Augst sind. So fallen nach dem geochemischen Vergleich zwischen den 60 Referenztonvorkommen und den Materialien der Schmelztiegel für die weitere Untersuchung der Tonprovenienz zumindest fünf Lagerstätten, nämlich Nr. 1–4 und 47 (Stellen D–E), in den engeren Bereich der fünf Tiegeltongruppen.

Als weitere, umfangreiche Vergleichsgruppe wurden alle bislang von Augusta Raurica geochemisch analysierten *Gefässkeramik- und Ziegelproben* hinzugezogen, da eine Verbindung zum lokalen Töpferhandwerk vorstellbar ist. Überraschenderweise besteht jedoch geochemisch gesehen *keine Übereinstimmung* zu den Tiegeltongruppen 1–5 (Abb. 78). Dies bedeutet, dass die in den Töpfereien und Ziegeleien von Augusta Raurica zur *Keramikproduktion* genutzten, aufbereiteten Tone *nicht* als mögliche Rohstoffe zur *Tiegelherstellung* verwendet wurden.

Herkunft der Tiegeltongruppe 1

Bereits bei der Charakterisierung der Tiegeltongruppen aus Augusta Raurica ist die sehr homogene Gruppe 1 durch hohe SiO₂-Konzentrationen, aber daneben durch niedrige Gehalte der übrigen Haupt- und Spurenelemente aufgefallen. Noch während der Tiegelanalysen mittels P-ED-RFA konnte anhand der publizierten Grundlagenarbeit zu den feuerfesten Tonen und Sanden des Schweizer Jura von Giacomo Eramo ein Bezug zu dieser Region hergestellt werden⁵⁵⁸. Die grosse Übereinstimmung mit den *Huppererde*-Vorkommen in *Châtelat* veranlasste die Autoren, entsprechendes «frisches» Tonmaterial am Ort zu suchen und zu beproben⁵⁵⁹. Insbesondere die dort an Stelle E entnommene weisse Huppererde mit den Tonen 364–367 ist geo-

chemisch gesehen *identisch* mit der Tiegeltongruppe 1 (Abb. 79 und 80). Sehr ähnliche Tone mit gleichen Eigenschaften, jedoch leicht differierenden Elementzusammensetzungen stammen aus Aedermannsdorf/SO (Nr. 38, 39), Matzendorf/BE (Nr. 40), Court/BE (Nr. 42–44) und Souboz/BE (Nr. 50). Der geochemische Fingerabdruck weist somit bislang auf entsprechende Lagerstätten für feuerfeste Tone in den Regionen um Moutier und Solothurn hin. Für die Bewertung der Herkunftszuweisung kommt das Ergebnis aus der Arbeit von Daniela König zu den Schmelztiegeln von Avenches hinzu, dass die von dort stammenden Tiegel mit denen der Augster Tiegeltongruppe 1 übereinstimmen könnten⁵⁶⁰.

Die geographische Lage des Huppererde-Vorkommens zwischen beiden *Coloniae* führt zu der Schlussfolgerung, dass wahrscheinlich in römischer Zeit gezielt feuerfeste Tone aus der Region um Châtelat/BE abgebaut wurden. Noch nicht beantworten lässt sich die Frage, ob die Tone aus dem Jura in der Nähe ihres Abbaus im Rahmen eines spezialisierten Handwerks zu Tiegeln verarbeitet wurden oder die Tone in Töpfereien oder Bronzwerkstätten transportiert wurden. Vom heutigen Châtelat resp. von einer möglicherweise nahen Tiegeltöpferei war es nur eine kurze Strecke bis zur antiken Fernstrasse Studen-Basel über den Pierre Pertuis: Der römische Abzweiger von dieser Strasse bei Tavannes/BE⁵⁶¹ führte via Tramelan/BE ziemlich genau nordwärts nach Glovelier/JU; in der Mitte dieser Nebenstrecke, 20 km von der Fernstrasse entfernt, liegt Châtelat!

Das als Händlerdepot interpretierte Tiegelsenemble aus Insula 19 (Abb. 164; Taf. 4, **T124** bis **6, T187**) könnte ein Hinweis darauf sein, dass an einem weiteren Ort in einer Töpferei Tiegel in grösserem Umfang hergestellt und gleichsam als Massenware an Bronzhandwerker vertrieben worden sind⁵⁶². Im Hinblick darauf, dass rund 95% der Augster Tiegel zur Tongruppe 1 zählen⁵⁶³, sprechen die Indizien zurzeit dafür, dass während des 1. bis 3. Jahrhunderts an einem noch nicht lokalisierten Ort eine grossangelegte Tiegelproduktion mit feuerfesten Tonen aus der Region um Châtelat stattfand. Es hat sich indes herauskristallisiert, dass für die römischen Bronzhandwerker die

557 Dank der Publikation Eramo 2006A wurden wir auf diese Tonlagerstätte aufmerksam.

558 Eramo 2006A. – Besonders übereinstimmend sind die Proben ER249 und ER250. Diese weisen lediglich höhere SiO₂-Werte um 87 Gew.-% auf (Huppersande).

559 Vgl. Katalog der Tone S. 147 und Abb. 74.

560 König 2014, 102–121.

561 Moosbrugger-Leu 1968, Abb. 3.

562 Zu den wenigen bekannten römischen Fundstellen in den abgelegenen Juratälern bei Châtelat/BE und zu Töpfereien im weiteren jurassischen Umkreis s. unten S. 166 Anm. 588; 589.

563 Vgl. zu den Anteilen der Tiegeltongruppen S. 24; 36; 161 f.

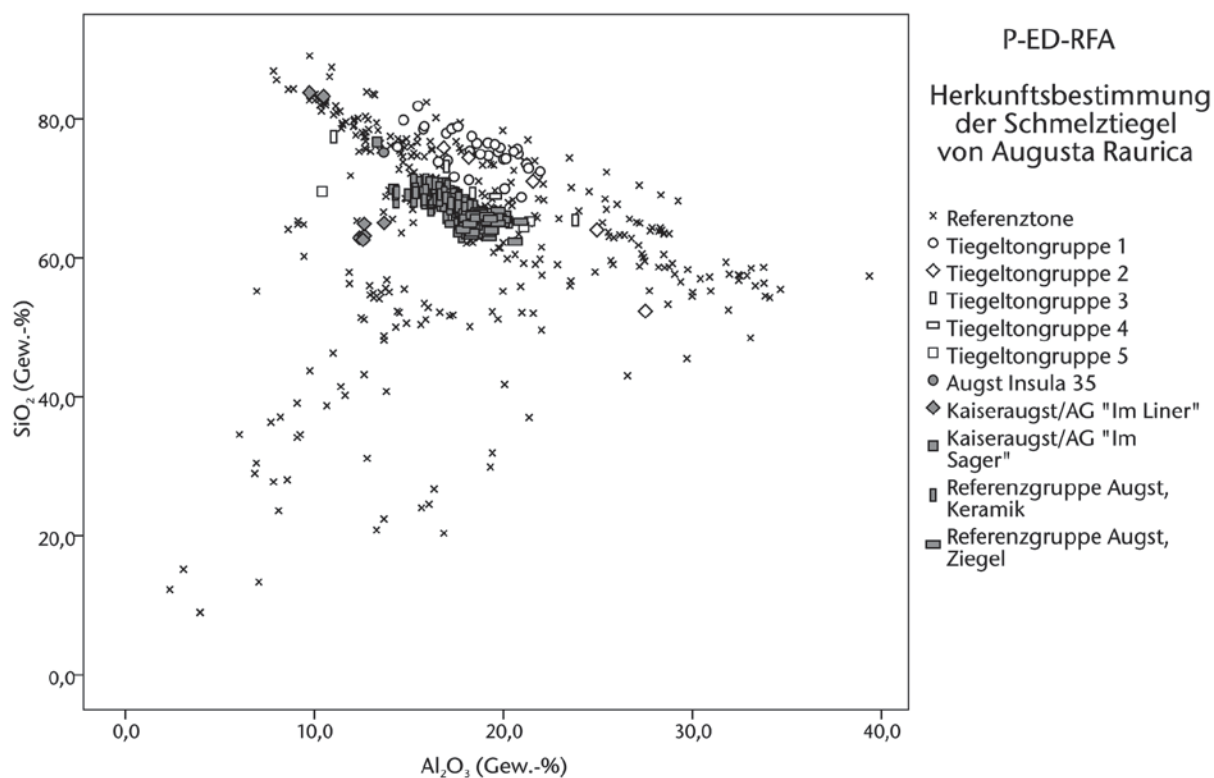


Abb. 75: Streudiagramm der Anteile $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst (weisse Signaturen), allen mittels P-ED-RFA gemessenen Tonproben (x) und publizierten Ton-, Keramik- und Ziegelanalysen aus Augst (graue Signaturen).

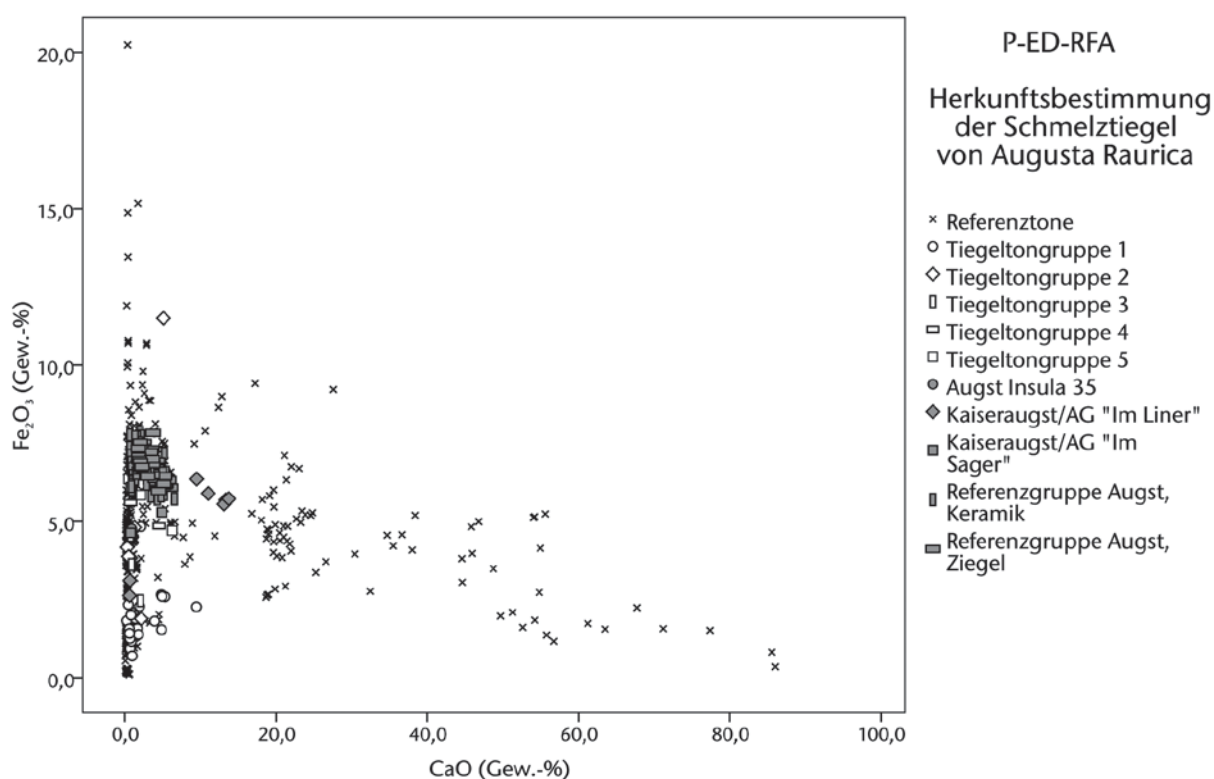


Abb. 76: Streudiagramm der Anteile $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst (weisse Signaturen), allen mittels P-ED-RFA gemessenen Tonproben (x) und publizierten Ton-, Keramik- und Ziegelanalysen aus Augst (graue Signaturen).

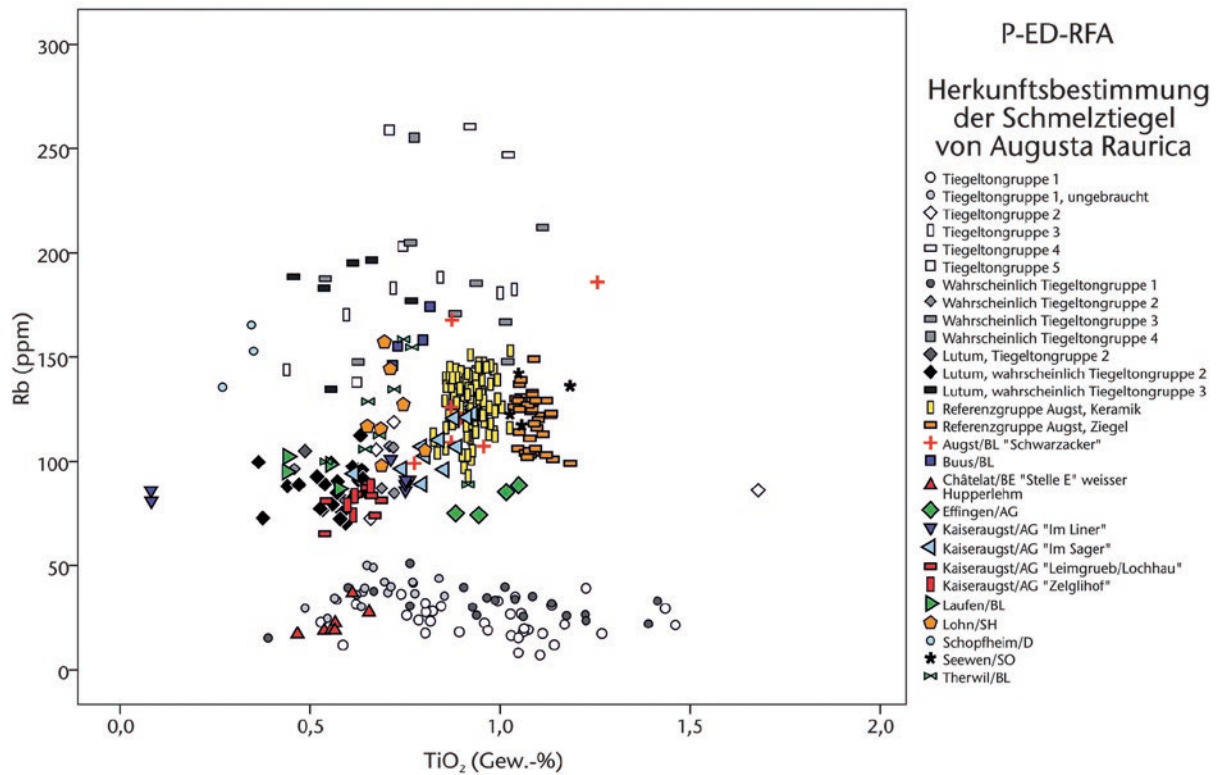


Abb. 77: Streudiagramm der Anteile Rb / TiO_2 an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst und diesen Gruppen zugeordneten Proben (weisse und graue Signaturen) sowie die 13 in Frage kommenden, geochemisch ähnlichen Tonlagerstätten und Referenzgruppen aus Augst (farbige Signaturen).

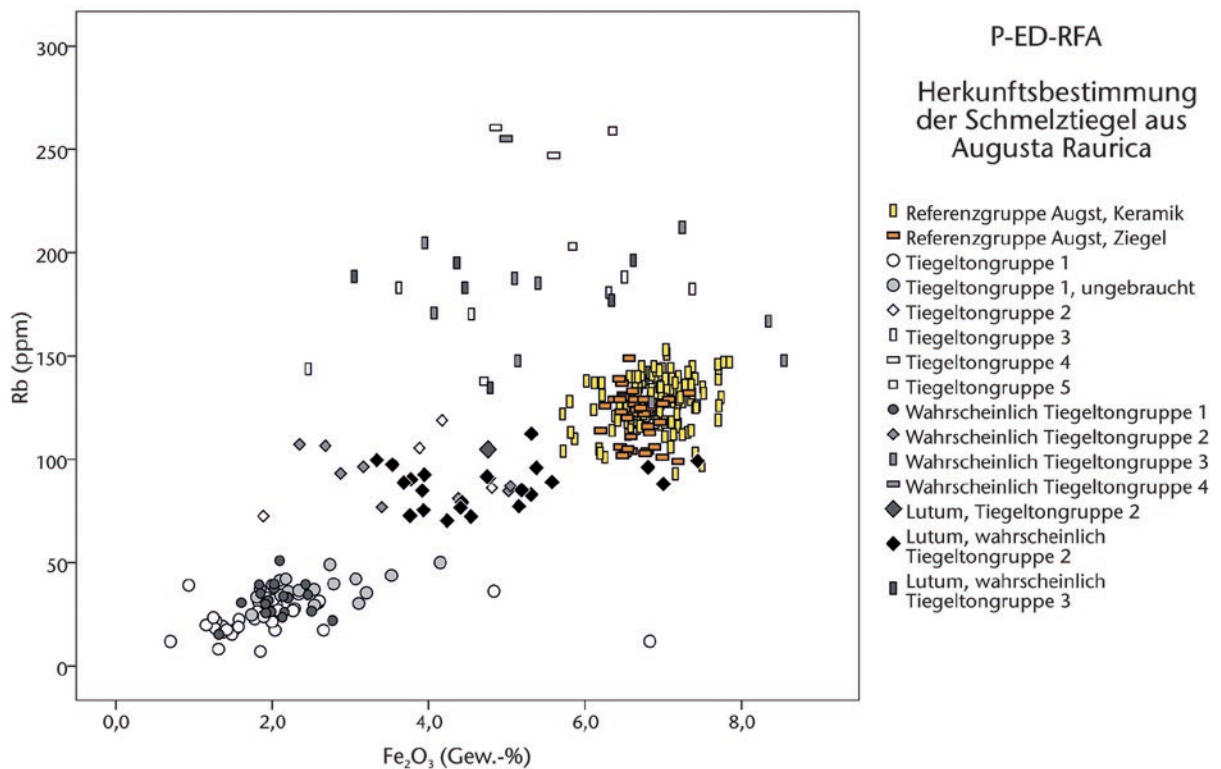


Abb. 78: Streudiagramm der Anteile Rb / Fe_2O_3 an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst und diesen Gruppen zugeordneten Proben (weisse und graue Signaturen) sowie die Keramik- und Ziegelreferenzgruppen aus Augst (farbige Signaturen).

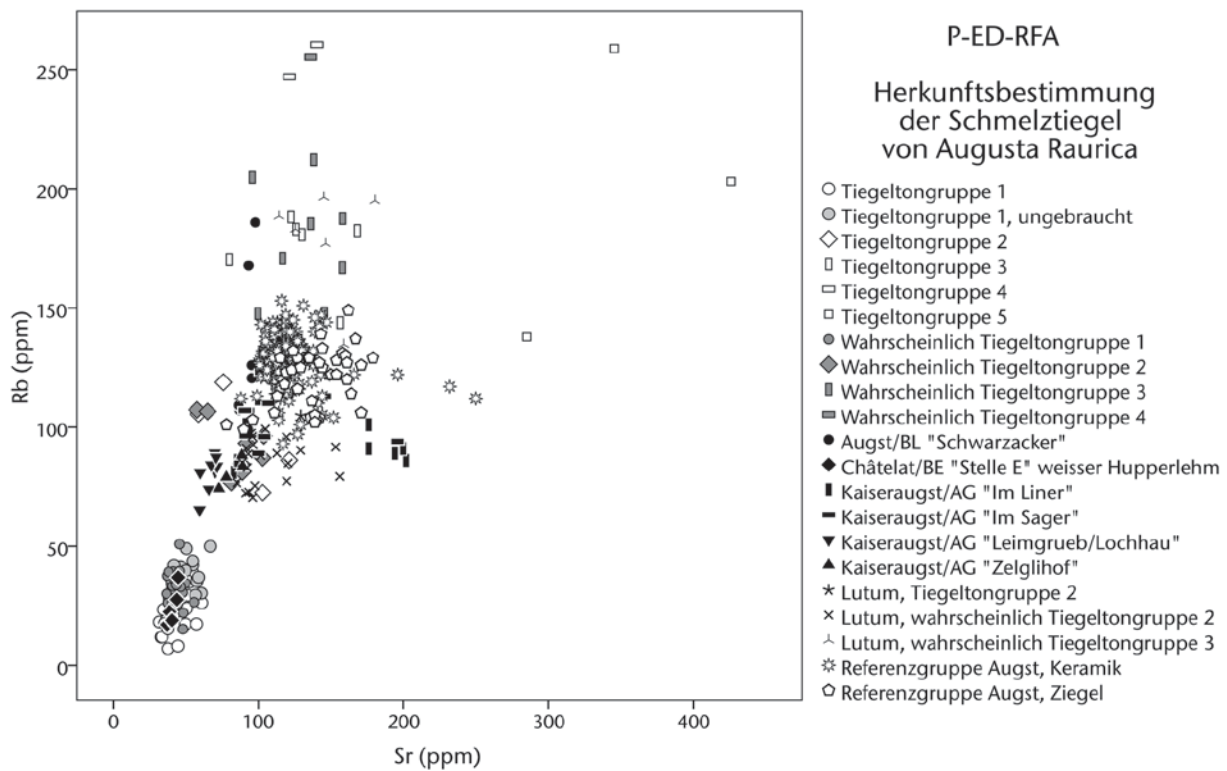


Abb. 79: Streudiagramm der Anteile Rb / Sr an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst und diesen Gruppen zugeordneten Proben, den Referenztonen von Châtelat (schwarze Rauten) und aus dem Gebiet von Augusta Raurica (schwarze Signaturen) sowie die Keramik- und Ziegelreferenzgruppen aus Augst (Sterne und Fünfecke).

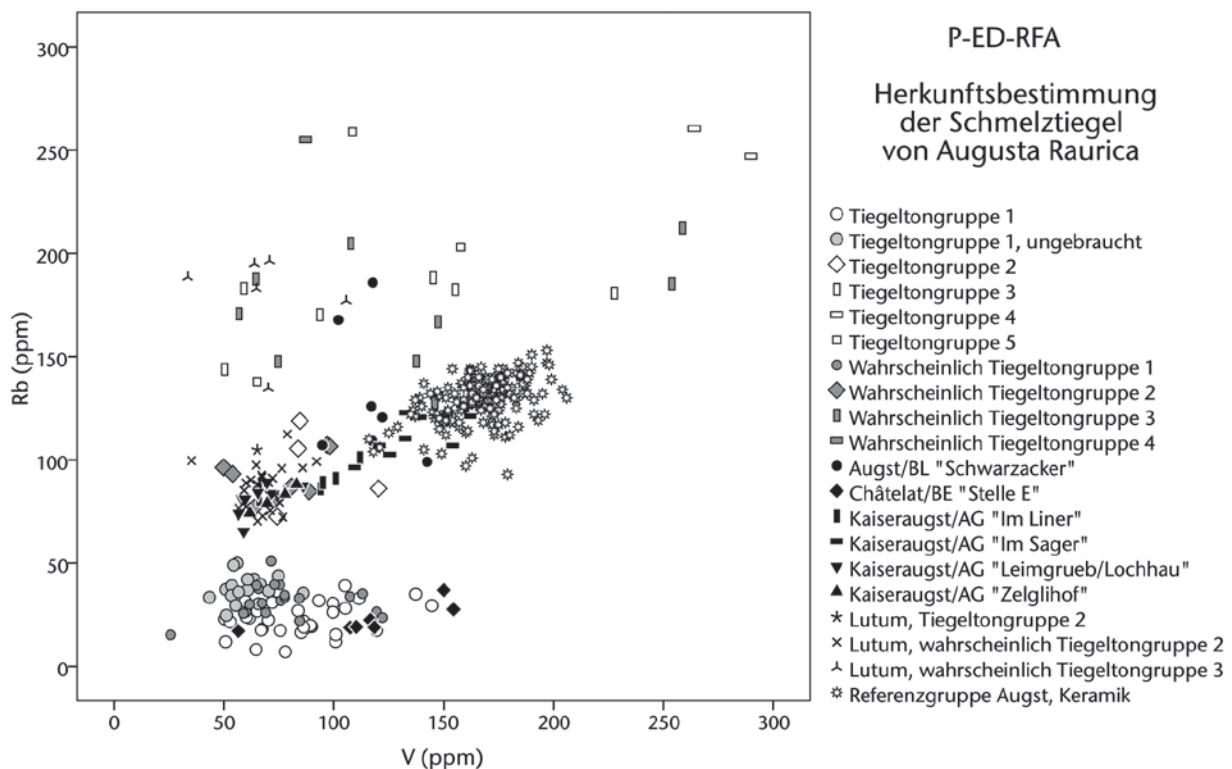


Abb. 80: Streudiagramm der Anteile Rb / V an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst und diesen Gruppen zugeordneten Proben, den Referenztonen von Châtelat (schwarze Rauten) und aus dem Gebiet von Augusta Raurica (schwarze Signaturen) sowie die Keramikreferenzgruppe aus Augst (Sterne).

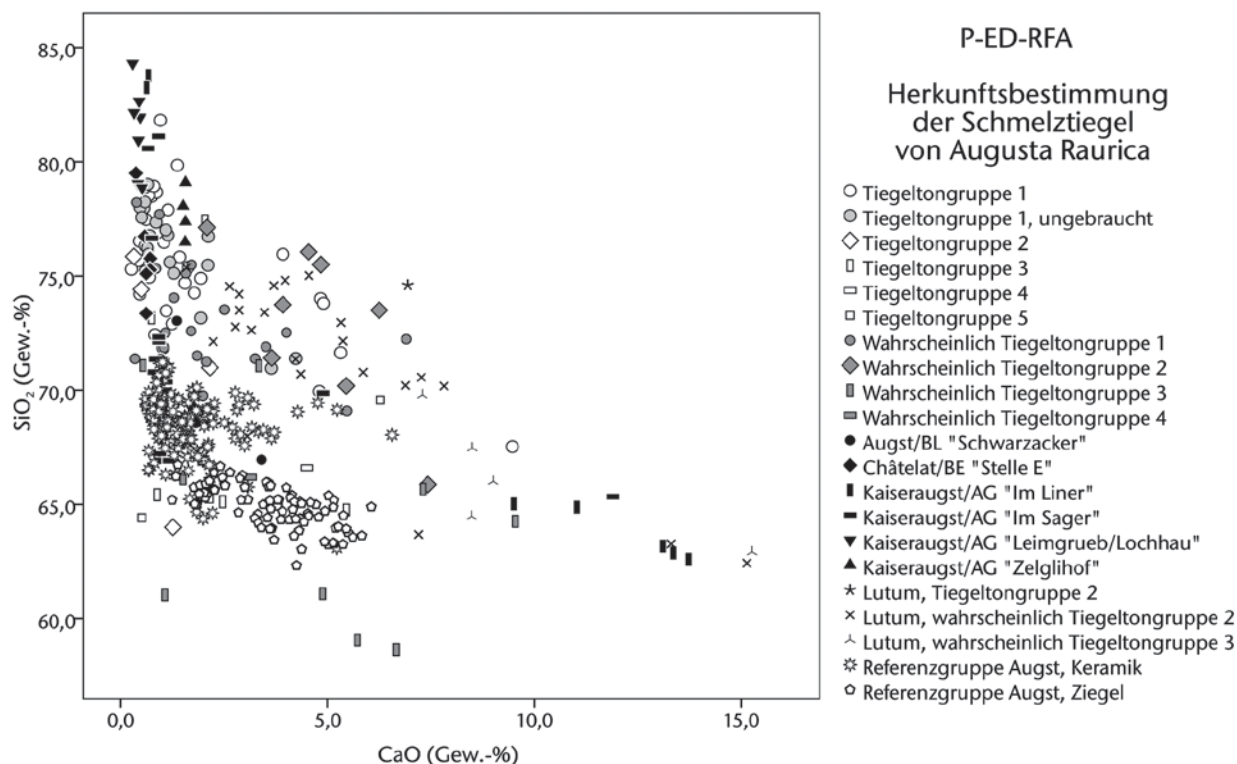


Abb. 81: Streudiagramm der Anteile SiO_2/CaO an den definierten Tiegeltongruppen 1–5 von Augst und diesen Gruppen zugeordneten Proben, den Referenztonen von Châtelat (schwarze Rauten) und aus dem Gebiet von Augusta Raurica (schwarze Signaturen) sowie die Keramik- und Ziegelreferenzgruppen aus Augst (Sterne und Fünfecke).

Tonqualität im Vordergrund stand und nicht die Nutzung und Verbesserung leichter zugänglicher, lokal in Augst anstehender Tone. Die Herkunftsbestimmung des Tones der Gruppe 1 zeigt, dass in römischer Zeit offenbar nach guten, feuerfesten Tönen prospektiert wurde⁵⁶⁴. Wie zielgerichtet oder systematisch dies geschah, müssen zukünftige Untersuchungen klären.

Herkunft der Tiegeltongruppe 2

Wie sich aus der Untersuchung von Tiegeltongruppe 1 ergab, wurde der weitaus grösste Teil der Schmelztiegel *nicht* in Augusta Raurica hergestellt. Von besonderem Interesse ist deshalb die Herkunftsbestimmung der zweiten Gruppe, da diese nicht nur fast alle übrigen Tiegel aus Augusta Raurica, sondern auch das *Lutum* sowie einige Tiegeldeckel und Gussformen umfasst. Schon aufgrund des ständigen Bedarfs an *Lutum* zum Herstellen und Reparieren der äusseren Tiegelschutzschicht ist anzunehmen, dass das verwendete Material aus Lagerstätten rund um Augst/BL und Kaiseraugst/AG abgebaut wurde. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für das *Lutum* andere Eigenschaften zählten als für die Feuerfestigkeit der Tiegel⁵⁶⁵. Tonmischungen mit organischen und mineralischen Komponenten und der Einsatz von Magerungsmitteln sind deshalb bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Der unmittelbare Vergleich aller Augster Tiegeltongruppen mit der lokalen Gefässkeramik und den Ziegeln (Abb. 78) zeigte bereits, dass die in den Töpfereien verwen-

deten Tone nicht zur Tiegelherstellung genutzt wurden. Hierfür ist die geochemische Zusammensetzung zu differenzieren. Durch die Untersuchungen von Albert Jornet, Marino Maggetti, Hans-Rudolf Pfeifer und Giulio Galetti zu den Augster Ton- und Lehmvorkommen konnte in einem zweiten Schritt geprüft werden, ob eventuell andere Lagerstätten genutzt wurden, die nicht unmittelbar mit der Keramikproduktion zusammenhängen⁵⁶⁶. Untersuchungen liegen für die Kaiseraugster Fluren «Im Sager» (antiker Tonabbau) und «Im Liner» vor⁵⁶⁷. Während die Tone vom «Sager» geochemisch mit der Keramikproduktion verbunden werden können und damit nicht in Frage kommen, scheiden diejenigen vom «Liner» aufgrund zu hoher CaO - und zu niedriger SiO_2 -Gehalte als potentielle Rohstoffe aus (Abb. 81)⁵⁶⁸.

Um zu klären, ob eventuell aus dem südlichen Stadtgebiet von Augusta Raurica und dem südwestlich gelegenen Lösslehmgebiet Tone in Betracht kommen, wurden die Fluren «Schwarzacker» (TON 036–043), «Zelglihof» (TON 060–

⁵⁶⁴ Dies postulieren u. a. auch Freestone/Tite 1986, 59.

⁵⁶⁵ Vgl. dazu Experiment 3, unten mit Abb. 115–121.

⁵⁶⁶ Vgl. zu den Tonvorkommen Jornet 1982; Maggetti/Pfeifer 1993 und Maggetti/Galetti 1993. – Es handelt sich um die Proben A89, A91–A95, KA1–7 und Z122–128.

⁵⁶⁷ Vgl. Schmid 2008, 18 Abb. 2 und 31, Abb. 14.

⁵⁶⁸ Die Proben KA6 und 7 sind stark SiO_2 -haltig

064) und «Leimgrueb / Lochhau» (TON 065–074) beprobt. Die Analysen vom «Schwarzacker» ergeben ein ähnliches Bild wie die Proben vom «Sager» und sind dadurch ebenfalls mögliche Tonvorkommen für die Keramikproduktion. Die Tonproben von der «Leimgrueb / Lochhau» weisen mit bis zu 85 Gew.-% sehr hohe SiO₂-Gehalte auf und kommen deshalb kaum als nutzbares Material in Betracht (Abb. 81). Gleichwohl sind die Konzentrationen der Spurenelemente denen der Tiegeltongruppe 2 sehr ähnlich. Aus einem Übergangshorizont zwischen den Lösslehmen der «Leimgrueb / Lochhau» und denen der Niederterrasse vom «Schwarzacker» stammen die Tonproben vom «Zelglihof». Geochemisch stimmen die Roh- und aufbereiteten Tone sehr gut mit der Zusammensetzung der Tiegeltongruppe 2 überein. Abweichungen bestehen in den etwas höheren SiO₂-Konzentrationen (über 76 Gew.-%) und leicht erhöhten CaO-Gehalten (1,5 Gew.-%) gegenüber den am Bruch gemessenen Tiegeln der Gruppe 2 (Abb. 81)⁵⁶⁹. Ausserdem besteht die grösste Kongruenz zu den *Lutum*-Proben, also dem Material, das nicht wie die Tiegel aus Gruppe 2 zusätzlich mit Sand gemagert wurde.

Aus den bislang vorliegenden Referenzproben zu Tonen / Lehm aus Augst und dem Umland ist es wahrscheinlich, dass für die Bronzwerkstätten geeignetes Material rund 500m südwestlich der Stadt im Bereich «Zelglihof» erschlossen werden konnte. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich in erster Linie der deutlich höhere SiO₂-Gehalt der Lösslehme gegenüber den Tonvorkommen «Im Sager» und «Schwarzacker». So wie im Fall der Tiegeltongruppe 1 optimale Tone zur Tiegelherstellung ausserhalb der Region gefunden wurden, so haben die Bronzehandwerker in Augst am Ort offenbar gezielt nach den «besten» Tonen für ihren Tätigkeitsbereich gesucht. Für die Tiegelherstellung selbst wird der Bedarf überschaubar gewesen sein, da das Gros aus feuerfesten Tönen des Jura gefertigt war. Die Bedeutung der Lösslehm-vorkommen liegt vielmehr in ihrer Nutzung für das laufend benötigte *Lutum*. Auch wenn die Chancen nicht sehr hoch sind, die tatsächlichen römischen Tongruben zu entdecken, kann anhand der geochemischen Analysen dennoch die Verwendung von lokalen Tönen im Bronzehandwerk von Augusta Raurica nachgewiesen werden.

Tiegeltongruppen 3–5

Für die kleineren Tiegeltongruppen 3 bis 5 ergab sich keine Übereinstimmung mit den im Projekt zur Verfügung stehenden Referenzdaten. Somit muss offen bleiben, ob es sich hierbei um lokale⁵⁷⁰ oder importierte Tone handelt. Wie bereits im Kapitel zur geochemischen Charakterisierung der Tiegelkeramik vermutet wurde, kann die starke Variabilität durch sehr unterschiedliche Magerungskomponenten, insbesondere Grobsande verursacht worden sein.

Indizien für frühe Tiegelzentren?

In der Frühen Neuzeit waren die helltonigen «Hessischen Tiegel» aus Grossalmerode/D und die dunklen «Bawarischen Tiegel» aus der Gegend von Passau/D omnipräsent in Europa und teuer verkaufte Handelsgut mit optimalen refraktären Eigenschaften. Sind ähnliche Verhältnisse mit optimalem Rohmaterial und Tiegelhandel schon in der Antike oder im frühen Mittelalter nachweisbar?

Ein Vergleich mit unseren importierten, glatten, dünnwandigen, helltonigen Tiegeln der Tongruppe 1 drängt sich auf mit der analogen Rolle, die im angelsächsisch-normannischen London die ebenfalls importierten Tiegel aus «Stamford ware» spielten: «It is probable that the properties of Stamford ware made it a much more reliable crucible to use, less prone to failure due to accidental roughhandling, temperature overshoot or sudden shock. Furthermore, the thin-walled Stamford ware vessels were probably easier to handle and pour and their relatively smooth surface finishes did not so readily trap metal particles or act as sites for corrosion by slag. These features probably combined to offer efficient saving of wasted metal, either in perception or in reality, to encourage the craftsmen to use Stamford ware crucibles which, as imports, are likely to have been more expensive.» Tiegel aus der hellen «Stamford ware» wurden z. B. in Lincoln, London oder York gefunden, d. h. 80, 135 resp. 170 km von der Tonlagerstätte in Stamford/GB entfernt⁵⁷¹. Das sind noch grössere Distanzen als jene von Châtelat/BE nach Augusta Raurica (55 km) oder nach Aventicum (70 km).

Mikroskopische Charakterisierung der Tiegelkeramik aus Augusta Raurica

Von mehreren *Originaltiegeln*, die archäometrisch mit Sicherheit einer der fünf Tongruppen zugewiesen werden konnten, wurden *Anschliffe* der Bruchflächen hergestellt. Von einigen experimentell hergestellten Tonproben der *Referenzgruppen* «Châtelat/BE» (TON 359–368; entspricht Tongruppe 1) und Kaiseraugst/AG-Zelglihof (TON 060–064; entspricht Tongruppe 2) sind ebenfalls Schliffflächen von reduzierend gebrannten Testplättchen resp. von einem

569 Da die Tiegel der Gruppe 2 mit Sand gemagert wurden, müssten die Elemente SiO₂ und CaO im potentiellen Roh-ton wesentlich geringer auftreten.

570 Auf eher lokale Herkunft lassen die *Querverbindungen* zwischen Tiegeltongruppe und inneren Engoben aus den Tongruppen 3–5 schliessen. In einem Fall wurde ein Tiegel «wahrscheinlich 3» mit Engobe «wahrscheinlich 4» versehen (**T688**), in einem anderen ein Tiegel «sicher 5» mit Engobe «wahrscheinlich 3» versehen (**T862**; s. unten S. 159).

571 Bayley u. a. 1991, 403–404. – Zur den guten refraktären Eigenschaften der «Stamford ware» auch Freestone/Tite 1986, 50 Anm. 30. – Zum Vorkommen dieses und anderer «fireclays» in England: Worrall 1975, 69–72 bes. 71.

experimentell im Einsatz getesteten Tiegel bereitgestellt worden. Von 20 Anschliffen wurden mikroskopische Auflichtfotos erstellt, von denen 15 auf Abbildung 82 in zehnfacher Vergrößerung gezeigt werden⁵⁷².

Die Tongruppe 1 erweist sich bezüglich Farbe, Textur und – wohl natürlicher – «Magerung» als sehr einheitlich (Abb. 82, **T27–T673**). Alle Schnitte erscheinen sehr feinkörnig und sind von hellgrauer Farbe. (Die grünlichen Flecken in **T27** sind auf eine metallurgisch bedingte Spongglasur zurückzuführen, welche in die Keramikmasse diffundiert ist.) Einige Tiegelwandungen zeigen lamellenartige, oberflächenparallele Hohlräume (vor allem **T528**), die vom Verformen (Drehen) des Töpfertons stammen.

Unsere reduzierend gebrannten Tonproben der spurchemisch mit der Tongruppe 1 fast identischen Lehmfundstelle von Châtelat/BE, Stelle E, stimmen mit dem Schnittbildern der römischen Tiegel sehr gut überein (Abb. 82, TON 360 red. und TON 365 red.). Zwischen den gelben und weissen Bändern des von uns beprobten Lehmaufschlusses sind im Anschliff der reduzierend gebrannten Proben keine Unterschiede mehr auszumachen (Abb. 82, TON 360 red. und TON 365 red.).

Der natürlich in diesen Hupperlehm vorkommende *Feinsandanteil* ist in unseren Lehmproben von Châtelat etwas dichter und grobkörniger (Abb. 82, TON 360 red. und TON 365 red.) als in jenen Lehm, die in antiker Zeit zur Tiegelherstellung verwendet worden sind. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Juratone unserer Tongruppe 1 leicht *geschlämmt* (entsandet) worden sind, weshalb in den Originalen die gröbere Sandfraktion > ca. 0,3 mm fehlt.

Farblich aus dem Rahmen fällt der aus demselben Material getöpferte, rekonstruierte Tiegel, den wir im Experiment 7d für einen Zementationsprozess verwendet haben (s. unten mit Abb. 132). Die äussere Partie der Tiegelkeramik, direkt unter dem abgeblätterten *Lutum*, hat offenbar etwas mehr Sauerstoff abbekommen als in römerzeitlichen metallurgischen Prozessen (Abb. 82, TON 360 exp.), während die innere Hälfte der Tiegelwandung genauso hellgrau reduziert ist wie die Originale.

Die Tongruppe 2 kann in seltenen Fällen ähnlich hell und fein erscheinen wie Tiegel der Tongruppe 1 (Abb. 82, **T474**). In der Regel sind diese Tiegel aus lokalem Ton jedoch sehr stark gemagert und viel dunkler (Beispiele Abb. 66), wie das vermutlich römische Exemplar **T863** und der neuzeitliche, mit Graphit gemagerte Tiegel **T873** zeigen. Die mit der Tongruppe 2 korrelierbare Referenzgruppe Kaiseraugst/AG-Zelglihof (TON 060–064) variiert je nach Aufbereitung und Magerung stark (Abb. 82).

Die im Tiegelmateriale aus Augusta Raurica nur selten nachweisbaren Tongruppen 3–5 (Abb. 68–70) sind mikroskopisch in der geringen Vergrößerung von 10× nicht voneinander zu unterscheiden. Die in Abbildung 82 gezeigten Beispiele variieren lediglich aufgrund der sehr unterschiedlichen Magerungsdichte.

Untersuchungen an den äusseren Überzügen (Lutum)

In vielen Fällen wurden an den Tiegeln aus Augusta Raurica sowohl die Tiegelkeramik als auch das äussere *Lutum* mit pXRF (Deutsch: P-ED-RFA) analysiert. Im Vergleich ist folgender Trend erkennbar: Das *Lutum* zeichnet sich durch *höhere Kalzium-, Phosphor- und Schwefel-Konzentrationen* aus. Dies ist ein Hinweis, dass neben einem kalziumreichen Ton/Lehm auch *organisches* Material dem *Lutum* beigemischt wurde.

Im Experiment mit historischen *Lutum*-Rezepten und den anschliessenden Analysen konnte nachgewiesen werden, dass der in Form von organischen Beimischungen zugefügte *Schwefel* mit zunehmender Temperatur abnimmt. Seine Verdampfung aus dem keramischen Gefüge scheint erst bei etwas über 1020°C erfolgt zu sein, denn in den auf 1250°C gebrannten Mustern fehlt er fast ganz (s. unten mit Abb. 115 und Tabellen 4 und 7).

Untersuchungen an den inneren Überzügen (Engoben und Glasuren)

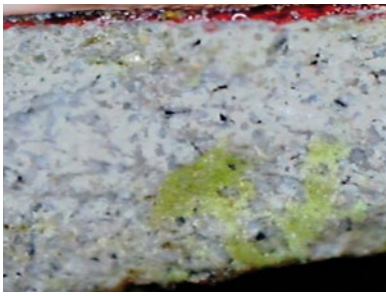
Wir konnten oben bei der makroskopischen Beurteilung der Tiegellinnenseiten eine ganze Palette von Verfärbungen und dünnen glatten Überzügen feststellen (S. 27–33). Die naturwissenschaftlichen Analysen solcher Überzüge ergaben *zwei grundsätzlich verschiedene Abdichtungen*, die in einigen Tiegeln vor ihrem Einsatz im Schmelzfeuer aufgetragen worden sind:

Archäometrisch-mineralogische Untersuchung der Engoben im Tiegellinnern

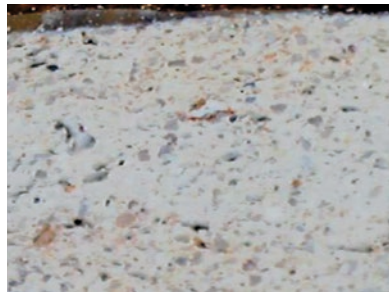
Im Rahmen der archäometrischen Untersuchung von 15 Tiegelfragmenten aus Augusta Raurica am Mineralogischen Institut in Freiburg/FR konnte Daniela König mehrfach eine dünne, im Tiegellinnern aufgetragene Schicht feststellen⁵⁷³: «Die im Innern der Tiegel aufgetragene Engobe wurde vermutlich aus derselben Tonmischung wie für die äussere Lage (*Lutum*) hergestellt. Dafür musste diese jedoch aufgeschlämmt werden, um eine möglichst *dünne* Lage herstellen zu können. Dazu kommt auch, dass nur *wenige Magerungskomponenten* in dieser dünnen Schicht zu finden sind. ... Die zugegebene Magerung besteht aus

572 Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Effizienz begnügte ich mich mit einem einfachen elektronischen Auflichtmikroskop (DNT DigiMicro Lab5.0). – Die Anschliffe stellte Markus Helfert zuvorkommenderweise im Keramiklabor der Universität Frankfurt a. M. her.

573 König 2014, 34 Abb. 4-6 und 4-8 (Autun/F); 51 Abb. 5-4 und 5-5 (Xanten/D); 62 Abb. 4-6,b (Augst/BL); 113f. Abb. A1-6 (Avenches/VD); 116 Abb. A1-9 (Augst/BL); König 2015, 226 Abb. 6; 228 Abb. 9, Tabelle 1 («i. l.»).



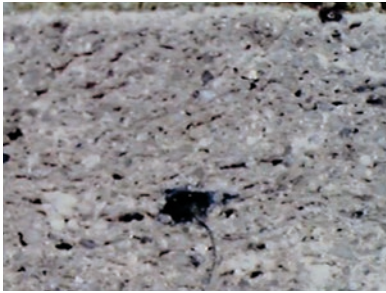
Tongruppe 1: **T27**



T128



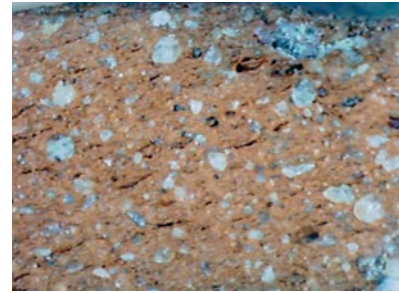
T528



Tonggruppe 1: **T673**



TON360 red.



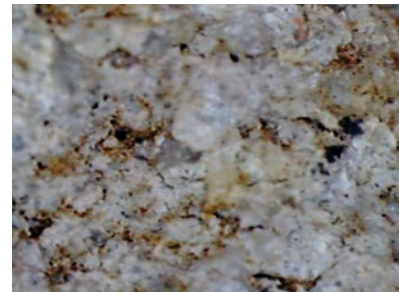
TON360 exp.



Tonggruppe 1: TON365 red.



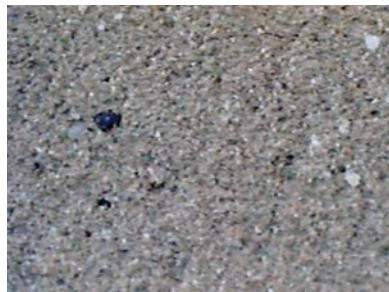
Tonggruppe 2: **T474**



T863



Tonggruppe 2: **T873**



TON061 red.



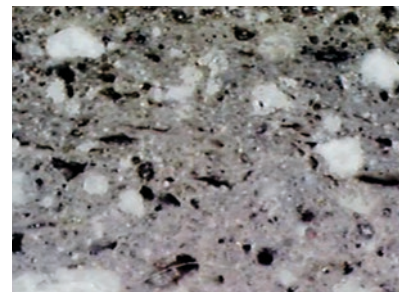
TON061 gem. red.



Tonggruppe 3: **T871**



Tonggruppe 4: **T260**



Tonggruppe 5: **T862**

Abb. 82: Augusta Raurica. Die unterschiedlichen Tiegeltonstrukturen in vergrösserten Anschliffen: **T27.T128.T528.T673** = Beispiele für die Tongruppe 1; TON360 red. = Tonprobe aus Châtelat / BE, Stelle E, gelbes Material, reduzierend gebrannt; TON360 exp. = dasselbe Material in Experimentiertiegel 7d (Abb. 132); TON365 red. = Tonprobe aus Châtelat / BE, Stelle E, weisses Material, reduzierend gebrannt; **T474.T863** = Beispiele für die Tongruppe 2; **T873**= Beispiel für die Tongruppe 2, neuzeitlich, mit Graphit gemagert; TON061 red. = Tonprobe aus Kaiseraugst / AG-Zeglihof, reduzierend gebrannt; TON061 gem. red. = dasselbe Material stark und grob gemagert und reduzierend gebrannt; **T871** = Beispiel für die Tongruppe 3; **T260** = Beispiel für die Tongruppe 4; **T862** = Beispiel für die Tongruppe 5. Wo möglich, gehen die Bildausschnitte oben bis an die äussere Tiegelwand resp. an den Übergang zum Lutum. Die Farbflecken auf **T27** und **T260** sind in die Keramikmasse eingedrungene «Glasuren». Auflichtmikroskop; M. ca. 10:1.

Quarz, Kalium-Feldspat und Plagioklas⁵⁷⁴. ... Die Lage wird auf die bereits vorgetrocknete oder bei niedrigen Temperaturen vorgebrannte innere Keramik durch Ausschwenken mit der Emulsion aufgebracht. ... Die keramische innere Lage, die eigentliche Tiegelkeramik, besteht aus einem Ton, welcher in seiner Grundzusammensetzung aus einer Mischung zwischen kaolinitischem und illitischem Ton besteht.» D. König konnte auch beobachten, dass «die innere Lage der grob gemagerten Tiegel [Tongruppen 2–5] oftmals etwas dicker ist, als es bei den fein gemagerten Tiegeln [Tongruppe 1] der Fall ist». Im Dünnschliff zeigen einige Stücke in der Engobe zahlreiche eingebettete *Metalltröpfchen*. Sowohl die bohrbaren grösseren Tröpfchen (Tabelle 2) als auch die kleinen Tröpfchen in der Rasterelektronenmikroskopie (Abb. 94) ergaben unterschiedliche Legierungen (Zinnbronze, Zinn-Bleibronze, Messing, Zinnmessing, Zinn-Bleimessing)⁵⁷⁵. In zwei mit Mikrosonde untersuchten Tiegelfragmenten (**T230** und **T454**) sind sogar je drei unterschiedliche Legierungen mehrfach nachweisbar (Abb. 94–96)!

Solche dünne innere Schichten sind von derselben Autorin zuvor auch an römischen Schmelztiegeln aus Autun/F erkannt und genauer untersucht worden⁵⁷⁶. Die meisten der 18 von dort untersuchten Fragmente weisen im Innern ebenfalls «Engoben» auf. Sie sind im Durchschnitt 0,1 mm dünn. Allfällig vorhandene Metalltröpfchen fanden sich ausschliesslich *auf* dieser Schicht und nicht in den Poren der Tiegelkeramik. Eine Diffusion von Ionen aus Holzkohlepartikeln oder Schmelzfeuerasche in die Tiegelkeramik, zur Erzeugung einer derartigen Schicht, konnte nicht festgestellt werden. Die Engobe ist reicher an Kalzium, Kalium und Silizium als die Tiegelkeramik und somit der äusseren Verschleisschicht ähnlicher; sie enthält jedoch keine Magerung. Diese Überzüge sind jeweils an der ganzen Tiegelwand – vom Boden bis zum oberen Rand – zu beobachten.

Zuvor hatten schon andere Archäometer/-innen auf solche dünnen, homogenen, silikatreichen Beläge auf Tiegellinnenwänden hingewiesen, interpretierten diese jedoch unterschiedlich – entweder als bewusst angebrachte Schutzschicht (Engobe)⁵⁷⁷ oder als sekundäre Folge einer metallurgischen Verwendung. Meist enthielten diese Innenbeläge feinste Metalltröpfchen. Sogar Silbertröpfchen konnten in einer solchen Engobe auf einem mittelalterlichen Tiegel aus L'Aquila/I nachgewiesen werden⁵⁷⁸.

All diese Beobachtungen erlauben den Schluss, dass die innere Schicht («Engobe») als Schutz- und Abdichtungsschicht aus dünnem Tonschlicker absichtlich vor der Erstverwendung in den Tiegeln aufgebracht wurde⁵⁷⁹.

Archäometrische Untersuchung mit portabler XRF an Tiegellinnenflächen

Da nur wenige Tiegelfragmente aus Augusta Raurica mineralogisch auf Engoben untersucht werden konnten (s. oben), ist es schwer, sich ein Bild über die *Häufigkeit*

dieser inneren Abdichtung zu machen. Die viel öfter durchgeführten Oberflächen-XRF-Messungen führten vor allem zur Entdeckung von partiellen inneren Bleiglasuren (s. unten). Andere Messungen an möglicherweise engobierten oder glasierten Innenwänden ergaben folgendes Bild:

Vergleicht man die Analysenergebnisse all jener Tiegel, bei denen sowohl die Tiegelkeramik (im Bruch) als auch die Innenfläche gemessen wurden (Tabelle 1), so sind die Innenflächen meist durch die hohen *Metallwerte* *überprägt*. Eine Aussage zur allfällig vorhandenen Engobe und ihrer Zusammensetzung ist auf diesem Weg (mit der pXRF) nicht möglich.

Zwei Fälle machen da aber eine Ausnahme: Das Tiegelwandstück **T688** (nicht abgebildet) wurde wahrscheinlich aus Ton der Tongruppe 3 getöpft und ist innen vor allem mit erhöhten Kupferspuren überprägt. Weil mineralogisch nachgewiesen ist, dass die Engoben aus fein geschlammten, dünnen Tonschichten bestehen (s. oben), war hier ausnahmsweise auch mit pXRF zu erkennen, dass die Tonzusammensetzung im Bruch anders ist als im Innern. Die Engobe von **T688** besteht *wahrscheinlich aus Tongruppe 4* (Tabelle 1).

Der zweite Nachweis eines Innenbelags mit pXRS gelang an der Lehmkruste im Inneren des Tiegels **T862** (Abb. 70, **T862**; 124, unten): Die Tiegelkeramik gehört zur Tongruppe 5, der innere Belag jedoch *wahrscheinlich zu Tongruppe 3*. In den leider nur zwei bestimmbareren Fällen (**T688**, **T862**) wurden die Innenschichtungen mit vermutlich *lokalen* Lehmzubereitungen beschichtet. Die beiden Stücke lassen auch vermuten, dass die Tongruppen 3, 4 und

574 Da diese Komponenten teilweise als Gesteinsbruchstücke auftreten, kann davon ausgegangen werden, dass es sich entweder um zerkleinerte Gesteine oder um Verwitterungsmaterial von Gesteinen handelt.

575 Ich danke Daniela König für diese ergänzenden Hinweise (semi-quantitative Analysen; für die Gesamtmenge der Augster Tiegel nicht repräsentativ).

576 König/Serneels 2013, 160f. Abb. 10 Tab. 1 und 3.

577 Adam u. a. 1990, 113 (Mittelalter); Telle/Thönnissen 2006, 70f. Abb. 13 (Latène) und 78f. Abb. 21 (römisch); Modarressi-Tehrani 2009, 166 Abb. 214 und 215; 199 Abb. 257 (Hallstattzeit).

578 Martínón-Torres/Verrocchio 2008, 110 Abb. 27; 28.

579 Das «Neu eröffnete Probierbuch» von 1744 des Anonymus G. H. gibt zwei Rezepte für eine innere Oberflächenveredelung für Schmelztiegel an: «Nimm Kreide und Federweiss [Feldspat? Alaun?] (oder an dessen statt Bleyweiss) *ana* [je die selbe Menge], das Weisse von einem Ey darzu, beschmiere den Tiegel inwendig damit eines Messer-Rückens dick, lass es trocken werden, es hält wie Eisen. Oder: Nimm Muscheln als die Schalen von denen Austern, stoss solche klein, und siebe sie durch im Haar-Sieb, auf dieses Pulver giess so viel Wasser, dass es wie eine dünne Brühe wird, giess solche *Mixtur* in die Schmelz-Tiegel, schwenke sie hin und her, und zwar so lange, bis es sich eines Messer-Rückens dick anlegt. Bey dieser Arbeit must du geschwind verfahren, indem sie fast so leicht als Gyps verbindet. Hernach lass die Tiegel ganz gelinde trocknen, und ehe du schmelzest, ausglüen; so wird es sehr fest.» (G. H. 1744, 104f.).

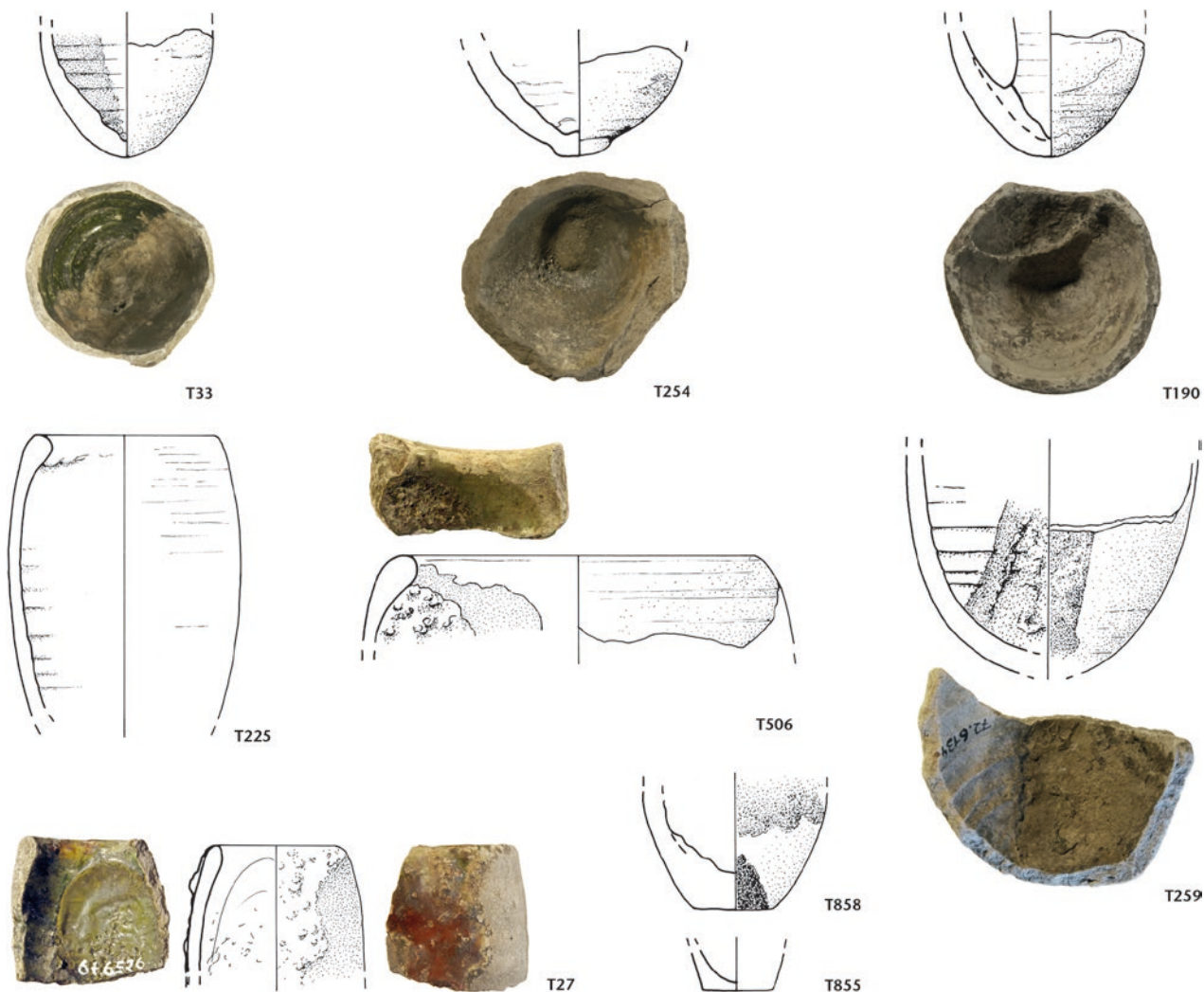


Abb. 83: Augusta Raurica. Tiegel mit Bleiglasur innen. Dies wurde vermutlich vor dem Einsatz der Schmelzgefäße mit Metallen inwendig zur Abdichtung aufgebracht (Analysenwerte siehe Abb. 84). Man beachte allerdings die randliche Begrenzung der grauen Glasurflächen. Experimentelle Rekonstruktion s. Abb. 153 und 154. M. 1:2.

5 nicht nur spuren-chemisch (dazu s. S. 156 mit Anm. 570), sondern auch bezüglich der Verfügbarkeit für die lokalen Tiegeltöpfer und Giesser eng zusammenhängen.

Archäometrische Untersuchung der glasurartigen Spuren im Tiegelinnern

Unter den von Markus Helfert analysierten Augster Tiegelfragmenten gaben sich neun Stücke zu erkennen, die alle

- beige-tongrundig bis grau sind (also noch mehr oder weniger *ungebraucht* scheinen),
- alle aus Tongruppe 1 hergestellt worden sind (7 von 9 sind analysiert),
- aussen (noch) *keinen* Lutum-Schutzüberzug erhalten haben
- und auch (noch) keine Spuren einer Buntmetallschmelze im Innern aufweisen.

Gemeinsam ist ihnen ein meist *grauer Überzug*, der immer die untere Partie der Tiegelwandung, manchmal auch die Bauchung seitlich überdeckt und bei **T27** sogar über den Rand auf die Aussenfläche geflossen ist (diese «Glasur» ist

ausnahmsweise grün bis rot). Im Gegensatz zu den tongrundigen Aussenseiten dieser Tiegel, die (noch) keine Spuren von Metallen aufweisen, sind die grauen Innenbeläge *stark bleihaltig* (70–95% Pb). Es handelt sich um die neun in Abbildung 83 zusammengestellten Stücke (Analysewerte Abb. 84).

Diejenige sieben Stücke, bei denen auch der Tiegelton analysiert werden konnte, erwiesen sich alle als zur *Tongruppe 1* zugehörig (s. Katalog und Tabelle 1). Das inwendige Glasieren und Nachbrennen einiger Tiegel könnte theoretisch erst bei den Giessern erfolgt sein. Wegen des einheitlichen Tonmaterials könnte diese «Veredelung» aber auch eine Spezialität der Töpferei gewesen sein, die mit dem Ton der Gruppe 1, wahrscheinlich aus dem Raum «Châtelat» im Jura, gearbeitet hat. Bei den lokal in Augusta Raurica gefertigten Tiegeln (und Deckeln) der Tongruppe 2 sind solche «Bleiglasuren» jedenfalls nicht nachgewiesen.

M. Helfert erkannte auch, dass die grauen Glasurflecken im Tiegelinnern nicht immer flächendeckend sind und in einigen Fällen nachweislich nicht unten im Boden-

bereich, sondern an der Seitenwand *erstarrt* sind, als hätte man die Tiegel mit der noch flüssigen «Glasur» *seitlich abgelegt*. Diese Beobachtung liesse auch an die *Herstellung* von Bleiglasur denken, die von den beobachteten Tiegeln in andere umgeschüttet worden wäre.

Als Fazit könnte postuliert werden, dass man mit einer Art Bleiglasur einige Tiegel (der Tongruppe 1) innen abgedichtet hat. Dies ist jedoch nur an ungebrauchten Tiegeln zu erschliessen. Nach dem Einsatz mit Metalllegierungen im Schmelzfeuer ist diese Glasurschicht nämlich verändert resp. überdeckt und daher weder optisch noch oberflächenanalytisch mehr zu erkennen. Die nur partiell die Innenwände abdeckenden Spuren sprechen aber gegen eine Abdichtung. Eventuell liegen mit diesen Belägen bloss Reste einer ausgeschütteten Blei-Schwefel-Zubereitung einer uns unbekannten Verwendung vor:

Die grauen «Beläge» enthalten vor allem Blei (ca. 5,5–80%) und – soweit dies quantitativ messbar war – auch konsequent Schwefel (3–10,5%). Auch die Metalle Kupfer, Zink (ausser bei **T33**), Blei, Zinn, Arsen, Silber und Barium(!)⁵⁸⁰ sowie Schwefel (ferner Phosphor in **T259**) sind in diesen «Glasuren» signifikant stärker konzentriert als in der Tiegelkeramik. In dieser Kombination – mit Ausnahme von Sn, Ag und Ba – bietet *Bleiglanz* einen idealen und in der Natur relativ häufigen Rohstoff zur Herstellung solcher Überzüge, da dieser – je nach Vorkommen – ebenfalls 27–33% Blei und 4–14% Schwefel enthält (Tabelle 7, unten)⁵⁸¹.

Interessanterweise kamen einige wenige Bruchstücke von Bleiglanz auch *in römischen Schichten von Augusta Raurica* zum Vorschein⁵⁸². Es ist zu vermuten, dass solche Erze meist von den Ausgräbern nicht erkannt werden und nicht in die Museumsdepots gelangen. Dennoch sind vier Bleiglanzfunde erhalten: Zwei aus Insula 5 resp. Region 17 (Unterstadt; s. Abb. 30) sind innerhalb derselben Fundkomplexe mit anderen möglichen Objekten des Buntmetallhandwerks vergesellschaftet, und die anderen beiden Fragmente aus den Insulae 6 und 31 stammen aus Quartieren mit gut belegten Bronzeworkstätten. Ihre Zusammensetzung haben wir ebenfalls analysiert (Abb. 84, Mitte). Sie enthalten rund 30% Blei und 4–15% Schwefel sowie Spuren (im einstelligen Prozentbereich) von Kupfer, Zink, Arsen und Phosphor.

Um sich ein konkretes Bild der *Herstellung* einer solchen «Bleiglasur» machen zu können, sollten ursprünglich im Experiment ein oder mehrere neue Tiegel innen überzogen, dann gebrannt und schliesslich im Einsatz mit einer Bronzeschmelze getestet werden. Mit der Beobachtung, dass solche Glasurreste an den Originalen nur partiell die Innenwände bedecken und mehrfach in Tiegelschräglage erstarrt sind, änderte sich das Szenario unseres Experiments 11 (s. unten mit Abb. 153 und 154).

Zum *Zeitpunkt* der Anbringung dieser «Bleiglasuren» im Prozess der Herstellung, «Veredelung» und Verwendung von Tiegeln siehe unten S. 233.

Herkunft der Tiegel aus Augusta Raurica

Tiegelfunde aus auswärtigen Töpfereien

Bis jetzt sind mir einzig aus den beiden römischen Töpferbezirken in Brumath/F und Soller/D ungebrauchte Schmelztiegel bekannt. Letztere wurden in einem Betrieb gefertigt, der in erster Linie Gebrauchskeramik herstellte (s. oben mit Abb. 19,1.2)⁵⁸³. Andererseits wurde vermutet, die Schmelztiegel seien in spezialisierten Töpfereien hergestellt worden⁵⁸⁴.

Ein «Gusstiegel; aussen versintert und teilweise glasiert ... Dm. ca. 11,0 cm» stammt zwar ebenfalls aus einer Töpferei – von Gross-Gerau/D – ist jedoch gebraucht (und nicht neu) und lag mit normalen Abfällen in einer Grubenverfüllung⁵⁸⁵. Das Abfallstück könnte daher von irgendwoher stammen und steht in keinem Zusammenhang mit der dortigen Keramikproduktion.

Waren Schmelztiegel nun Nebenprodukte normaler Geschirrtöpfereien oder sind sie in spezialisierten Werkstätten hergestellt worden?

Die helltonigen Massenprodukte der Tongruppe 1

Die in Augusta Raurica häufigsten Tiegel habe ich als Augster «Normaltyp» bezeichnet. Typisch sind ihr heller, feiner Ton, ihre einheitliche Formgebung (Abb. 15) und Machart (Abb. 114, oben) und die Tatsache, dass diese Produkte das ganze Grössenspektrum abdecken⁵⁸⁶. Sie machen etwa 95% des ganzen Tiegelmateri als Augusta Raurica aus (Abb. 2 und 71)!

580 Barium war bis ins 17. Jahrhundert nicht als Metall bekannt (Bersch 1899, 52f.) und wird heute als Legierungsbestandteil in Blei-Lagermetallen eingesetzt (Brunhuber 1991, 102).

581 Bode 2008, 5f. Abb. 1.2. – Für unser Experiment 11 wurde Bleiglanz resp. Galenit, Bleisulfid (PbS) der Firma Kremer Pigmente in Aichtetten/D (nach www.kremer-pigmente.de) verwendet mit: 86,60% Pb, 13,40% S (und wenige Spuren von Ag, Zn usw.). Die eigenen Messungen desselben Materials ergeben die Werte in Abb. 84. – Reines Bleisulfid hat einen Schmelzpunkt von 1114 °C.

582 Inv. 1961.3320 (Insula 31, fünf Brocken), 1980.13409 (Insula 6, grosser Brocken), 1980.20226 (Region 17, zwei kleine Brocken), 1980.6458 (Insula 5, zwei kleine Brocken), alle unpubliziert. Die Bestimmung verdanke ich Christian Meier von Naturhistorischen Museum Basel.

583 Brumath/F: Higelin 2015, 149 Abb. 2. – Soller/D: Haupt 1984, 415 Anm. 64; 462f. Taf. 199, 10.11.

584 So etwa Michel Mangin (1981, I Textband, 250) für *Alesia/F*, wo er «la possibilité d'emplacements spécialisés dans la fabrication et la cuisson de tout ou d'une partie des creusets utilisées sur le plateau» erwägt.

585 Helfert 2010, 24; 212 Kat.-Nr. 656; Taf. 29, 656.

586 Ein solches Spektrum (einheitliche Form, grosses Grössenspektrum) ist bei Schmelztiegeln erst wieder in der frühen Neuzeit, bei den sog. Hessischen Tiegeln, zu beobachten. Siehe den Abschnitt «Normierungen in der frühen Neuzeit» Seite 60.

Kat.	Proben-Nr.	Messmodus	Material	Objekt	Messstelle	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
T27	1961_06526_b	Soil	Glasur	Tiegel	Oberfläche		0,118		3,349
T27	1961_06526_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	70,343	0,910	18,893	1,925
T33	1958_00486_a	Soil	Glasur	Tiegel	Oberfläche		0,041		10,249
T33	1958_00486_b	Soil	Glasur	Tiegel	Oberfläche		0,164		1,042
T33	1958_00486_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	73,483	1,088	19,320	1,625
T190	1958_04272_a	Soil	Belag	Tiegel	Oberfläche		0,057		5,662
T190	1958_04272_b	Soil	unter Regulus	Tiegel	Oberfläche		0,117		3,431
T190	1958_04272_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	75,633	1,140	19,229	1,960
T225	1984_10803_b	Soil	Belag	Tiegel	Oberfläche		0,344		1,575
T225	1984_10803_a	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Bruch	62,888	0,956	17,108	2,112
T225	1984_10803_c	TestAll Geo	Keramik	Tiegel	Oberfläche	71,373	1,413	14,530	1,434
T254	1960_07443_a	Soil	Kruste	Tiegel	Oberfläche		0,077		1,620
T254	1960_07443_b	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	70,097	0,737	16,367	2,027
T259	1972_06134_a	Mining Keramik	Kruste innen	Tiegel	Oberfläche	57,802	0,194	11,531	0,662
T259	1972_06134_b	Mining Keramik	Glasur aussen	Tiegel	Oberfläche	36,413	0,083	9,119	0,506
T259	1972_06134_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Bruch	74,885	0,695	15,281	1,514
T259	1972_06134_d	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	72,865	0,529	18,046	1,168
T506	1967_26279_b	Soil	Belag	Tiegel	Oberfläche		0,142		1,857
T506	1967_26279_a	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Bruch	75,646	1,141	20,644	1,834
T855	1963_01330B_a	Soil	Glasur innen	Tiegel	Oberfläche		0,126		6,488
T858	1963_08222_a	Soil	Glasur innen	Tiegel	Oberfläche		0,092		5,576
T858	1963_08222_b	Soil	Glasur aussen	Tiegel	Oberfläche		0,651		3,123
Mittelwerte									
(alle)	-	Soil & Mining	Glasuren	Tiegel	Innenflächen	47,107	0,174	10,325	3,476
(alle)	-	Mining & TestAllGeo	Keramik	Tiegel	Innenflächen	71,912	0,957	17,713	1,733
Zum Vergleich: Bleiglanz									
-	(Fa. Kremer)	(Werkangabe)	Mineral	Bleiglanz, modern	-				
-	(Fa. Kremer)	Mining	Mineral	Bleiglanz, modern	Oberfläche	39,119		29,271	24,699
-	1961_03320_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	8,248		7,515	0,039
-	1980_06458_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	11,431		8,186	0,174
-	1980_13409_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	10,781		5,745	91,553
-	1980_20226_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	42,163	0,407	28,794	2,012

Abb. 84: Augusta Raurica. Meist ungebrauchte Tiegel, die innen – zur Abdichtung oder als Folge eines unbekannten Prozesses? – partiell mit einer «Bleiglasur» versehen sind (siehe Abb. 83). Oberflächen-pXRF-Messungen durch Markus Helfert (graue Zeilen: «Bleiglasur»; weisse Zeilen: Tiegelkeramik. Zum Vergleich sind unten einige Werte für Bleiglanz (Mineralproben und römische Funde aus Augusta Raurica) aufgelistet.

MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	V	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
0,076		1,945	0,765		102 299				66 878	41 546	73 911						
0,012		1,059	3,532	0,327	16	60	78	44	17	50			26	37	30	228	19
0,011		0,966	0,478		37 084	198			50 505		21 657	12	152	70			
0,177		0,608	0,271		85 538	2			10 1189	133	39 849	102	21				
0,012		1,024	1,820	0,431	4368	65	81	44	25	50	374		31	39	31	344	21
		2,338	0,278		75 914	100			3745	561	76 345	144					
0,076		2,956	0,381		59 547	139			507	182	30 485	160	17			58	
0,012		0,866	1,161	0,404	4267	76	74	44	17	44	45		32	40	37	334	21
0,064		1,742	0,905		70 206	6		24	5598	4997	9724	10	128	38		59	
0,021		8,819	0,926	0,290	129	65	72	44	17	29			27	45	27	283	26
0,003	1,477	1,909	1,144	0,573	5752	138	137		130	34	317		19	40		303	32
		0,605	0,525		85 673				7226	153	43 312		2726				
0,027	0,032	3,879	2,836	0,652	2638	71	69	44	92	38	150		51	46	42	247	13
0,037		5,249	0,353	10,484	44 424	239	31		387	149	6485	20				7	234
0,096		8,371	0,440	21,148	85 584	204	39	129	604	209	14 427					7	378
		3,243	0,436	1,111	10 909	68	66		106	29				11		239	96
0,011	2,015	1,348	0,669	1,862	54 648	50	48		89	66	3274	15		40		248	47
0,269		0,696	0,360		104 174				9932	420	75 328	149	154				
0,012		0,274	0,743	0,171		72	87	44	17	29			31	42	31	333	25
		0,969	0,673		21 930	27			14 473	8304	23 256		384				
0,139		3,208	0,514		33 529	64			32 080	1504	36 134		46				
0,112		2,830	3,104		3185	92	23	31	1052	171	163	1	155	72		265	
0,109		2,461	0,722	15,816	62 462	104	31	61	24 472	5286	35 049	62	471	60		85	306
0,014	1,175	2,491	1,474	0,647	10 341	74	79	44	57	41	832	15	31	38	33	284	33
					13,40%					Spur							
0,647			0,410	5,854	90 142	34		194	10 422	26 975	22 435						498
0,061			0,076	6,376	148 365			246	165	173	26 372						674
0,058		0,445	0,133	6,174	123 338				2893	6966	24 722						644
0,027	5,189	0,306	0,222	0,448	504	579	609	112	1544	76	1190		60	5			
0,102	6,188	10,566	2,216	7,563	43 684	154	110	234	140	195	12 265						669

Kat.	Proben-Nr.	Messmodus	Material	Objekt	Messstelle	Ag	Cd	Sn	Ba
T27	1961_06526_b	Soil	Glasur	Tiegel	Oberfläche	11 673	3038	32 414	61 955
T27	1961_06526_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	145			56
T33	1958_00486_a	Soil	Glasur	Tiegel	Oberfläche	26 296	509	1644	14 790
T33	1958_00486_b	Soil	Glasur	Tiegel	Oberfläche	2584	662	1188	18 614
T33	1958_00486_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	11			95
T190	1958_04272_a	Soil	Belag	Tiegel	Oberfläche	1593	2385	2933	35 622
T190	1958_04272_b	Soil	unter Regulus	Tiegel	Oberfläche	417	549	1050	17 232
T190	1958_04272_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche				121
T225	1984_10803_b	Soil	Belag	Tiegel	Oberfläche	1525	119	511	2482
T225	1984_10803_a	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Bruch				158
T225	1984_10803_c	TestAll Geo	Keramik	Tiegel	Oberfläche	202		7	
T254	1960_07443_a	Soil	Kruste	Tiegel	Oberfläche	26 228	1220	2040	34 502
T254	1960_07443_b	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	57			203
T259	1972_06134_a	Mining Keramik	Kruste innen	Tiegel	Oberfläche	931		39	405
T259	1972_06134_b	Mining Keramik	Glasur aussen	Tiegel	Oberfläche	25 120	40		859
T259	1972_06134_c	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Bruch	244			139
T259	1972_06134_d	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Oberfläche	57		8	190
T506	1967_26279_b	Soil	Belag	Tiegel	Oberfläche	19 741	2202	3453	65 289
T506	1967_26279_a	Mining Keramik	Keramik	Tiegel	Bruch				150
T855	1963_01330B_a	Soil	Glasur innen	Tiegel	Oberfläche	3209	489	10 279	16 730
T858	1963_08222_a	Soil	Glasur innen	Tiegel	Oberfläche	1959	271	22 658	3743
T858	1963_08222_b	Soil	Glasur aussen	Tiegel	Oberfläche	144	6	156	1013
Mittelwerte									
(alle)	-	Soil & Mining	Glasuren	Tiegel	Innenflächen	10 084	995	7029	21 334
(alle)	-	Mining & TestAllGeo	Keramik	Tiegel	Innenflächen	119		7	139
Zum Vergleich: Bleiglanz									
-	(Fa. Kremer)	(Werkangabe)	Mineral	Bleiglanz, modern	-	Spur			
-	(Fa. Kremer)	Mining	Mineral	Bleiglanz, modern	Oberfläche	352	223	151	
-	1961_03320_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	257	248	223	
-	1980_06458_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	2782	414	344	
-	1980_13409_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	18		20	330
-	1980_20226_a	TestAll Geo	Mineral	Bleiglanz, «römisch»	Oberfläche	166	75	137	271

Abb. 84 (Fortsetzung): Augusta Raurica. Meist ungebrauchte Tiegel, die innen – zur Abdichtung oder als Folge eines unbekannten Prozesses? – partiell mit einer «Bleiglasur» versehen sind (siehe Abb. 83). Oberflächen-pXRF-Messungen durch Markus Helfert (graue Zeilen: «Bleiglasur»; weisse Zeilen: Tiegelkeramik. Zum Vergleich sind unten einige Werte für Bleiglanz (Mineralproben und römische Funde aus Augusta Raurica) aufgelistet.

La	Ce	Hg	Pb	Bi	Th	Cl	Co	Sc	Mo	Pd	Sb	Te	Cs	Hf	Ta	W	Re	Au	U
			>800 000		1996				216	2765	3763	11 569	4600						
75	117		293		46	72													
			269 326		829				27	423	759	2744	1048			146			18
			347 644		173		63		31	491	994	3348	1368						40
111	150		1370		53	46													
			>800 000						157	1648	2656	8448	3129			431			
			428 922						27	365	876	3125	1343			74			
130	174		934		82	31													
		29	55 377		655		108			120	208	982	239						2
170	264		36	5	9	119													
		4	1249	106	23	449	28		3	7		16 494	1384						2
			498 819		24 951				565	833	1643	5474	2513			262		87	
215	315		2495		378	86													
584	919		64 260	11 247															
1231	2688		123 782	17 672			108												
			19 053	3509		236													
103			9858	1081		1577													
			804 280		2739		46		149	1361	2903	10 181	4699			890			
159	234		128		22	19													
			282 006		2902				80	332	879	2795	1180					113	
			707 919		1273				123	363	362	1417	355			238			
		5	841		11					48	18	426	34					8	16
907	1804	17	315 425	14 459	3948		81		168	839	1418	4738	1916			393		69	19
137	209	4	3935	1175	88	293	28		3	7		16 494	1384						2
			86,60%																
			300 075		4981	1835	310												
			331 149		5242	4533	272	3	60	3156	2207	9570	830						
			317 850		4838	4056	248	15	64	1929	4170	307	33						54
354	507		131		905	316			97	30	66	4830	406						
			277 851			4263		2	62	877	624	240	30						7

Diese Tiegel sind – soweit wie wir sie analysiert haben (52 chemische Zuweisungen; Tabelle 1) – alle aus demselben Ton getöpft, der spuren-chemisch am ehesten aus Châtelat im Jura stammt, 55 km Luftlinie resp. etwa 100 km Strassenstrecke von Augusta Raurica entfernt.

Die Tatsache, dass in der Augster Insula 19 ein offensichtliches Händlerdepot mit an die 50 Tiegeln aus Material der Tongruppe 1 gefunden wurde (Abb. 164; Taf. 4–6) und dass diese alle ungebraucht und noch nicht lutiert, aber bereits im Töpferofen gebrannt sind, zeigt, dass diese Tiegel vorfabriziert nach Augusta Raurica verhandelt wurden. Die Vermutung, dass auch viele Schmelztiegel aus Avenches / VD-Aventicum mit Ton der Gegend von Châtelat hergestellt sind⁵⁸⁷, liesse auf ein grösseres Absatzgebiet einer hoch spezialisierten Tiegelfabrikation schliessen.

Konkrete Hinweise auf die Existenz einer solchen Töpferei sind bisher aus dem Jura nicht bekannt. Die kleine Töpferei des Gutshofes von Laufen / BL-Müschhag, rund 30 km nordöstlich von Châtelat gelegen, hat nur Gebrauchsgeschirr für den täglichen Bedarf und keine Tiegel oder sonstigen «Export-Spezialitäten» produziert⁵⁸⁸. Auf den Jurahöhen und in den Tälern, wo solche Hupperlehme anstehen, war die römische Besiedlung sehr spärlich und der Waldbestand entsprechend gross – an sich beste Voraussetzungen für eine Brennholz konsumierende Tiegeltöpferei in der Nähe der Lehmabbaustelle. Die wenigen bekannten römischen Fundstellen im Jura erbrachten bis heute jedenfalls keine Hinweise auf eine solche Produktionsstätte⁵⁸⁹.

Die dunklen, quarzgemagerten Tiegel der Tongruppen 2–5

Die zweitgrösste Materialgruppe, die archäometrisch den Tongruppen 2–5 zugewiesen werden kann, macht in Augusta Raurica 5,2% der Analysen, resp. rund 5% des Gesamtbestands an Tiegeln aus. Im Gegensatz zu den importierten, helltonigen und nicht künstlich gemagerten Tiegeln der Tongruppe 1 sind die hier interessierenden Stücke durchs Band im Bruch mittel- bis dunkelgrau und in den allermeisten Fällen intensiv mit weissen Quarz- und Feldspatmagerungskörnern versehen (Ausnahme Abb. 82, T474). Die Tongruppe 2 passt spuren-chemisch am besten zu unserer Referenzgruppe von Kaiseraugst / AG-Zelglihof (Fundstelle 3, TON 060–064) – nur 1 km von antiken Stadtzentrum entfernt; die Tongruppen 3–5 sind noch nicht lokalisiert.

Die Tiegel, die sich analytisch als zur Tongruppe 2 zugehörig erwiesen, unterscheiden sich bezüglich Farbe der Tonmatrix und Magerung nicht von jenen der viel selteneren Tongruppen 3–5 (Abb. 71; 82, unten). Dies passt zur Vermutung von Markus Helfert, die Tongruppen 2–5 könnten alle lokal aus der Gegend von Augusta Raurica stammen (S. 156).

Nachweise von Guss speisen in Tiegeln und Deckeln

Analytische Methodik

Eine grössere Stichprobe des Tiegelmateri als von Augusta Raurica wurde hinsichtlich der Tiegelkeramik resp. der erhaltenen Spuren der einstigen Guss speise untersucht (Abb. 97). Dies betrifft die metallischen «Bodensätze», innen an der Wandung anhaftende kleine kugelförmige Metalltröpfchen, verschlackte grosse und kleine Bronzereste und Reguli, die nicht mehr metallisch sind, jedoch eine intensiv grüne Farbe aufweisen, sowie «Glasurflecken» in den verschiedensten Farben.

In zahlreichen der 893 Buntmetallschmelztiegel von Augusta Raurica haben wir mit dem Niton-Handanalyzer pXRF-Oberflächenmessungen durchgeführt (in den Modi «Soil», «Mining» und «TestAllGeo»; Tabelle 1). Von einem Teil dieser Objekte konnte auch eine *metallische Bohrprobe* genommen werden (Ø 1–2 mm). Auch diese wurden mit dem Handanalyzer gemessen (im Modus «Alloy»; Tabelle 2). Letztere Werte haben den Vorteil, die effektive *Legierung* zu repräsentieren (*quantitativ*), ohne die üblichen starken Verfälschungen durch Oberflächenoxidierung und Patinierung. Unsere *Oberflächenmessungen* an nicht bohrbaren Spuren der Guss speise sind demzufolge nur *qualitativ* zu interpretieren (Abb. 86–90). Immerhin kann auch so grob zwischen Kupfer, Zinnbronze, Bleibronze, Messing, Silber usw. unterschieden werden.

Bei der Beprobung zeigte sich, dass erst durch das punktförmige Anschleifen der Oberfläche mit einer 5-mm-Korundkugel resp. einem 3-mm-Stahl- oder Diamantfräser ersichtlich wurde, ob überhaupt ein metallischer Kern erhalten ist. Oft erwiesen sich die Metallkorrosionsschichten als deutlich über 1 mm dick.

Eindringen von Metallen in die Tiegelkeramik

Dass Metalle als Spuren in Ton und Schlacke von Schmelztiegeln eindringen, ist altbekannt und auch im Hinblick auf die massive Übervertretung von Blei und Zinn – und entsprechender Untervertretung von Kupfer und Zinn – schon dargelegt worden (s. oben mit Anm. 49 und 507). Die Oberflächenmessungen mit einem mobilen Röntgenfluoreszenzgerät an drei Stellen auf einem Tiegelfragment aus Augusta Raurica zeigen dieses Eindringen an einem

587 König 2014, 102–121.

588 Martin-Kilcher 1980, 72 f. Abb. 29.

589 Gerster 1983; Paccolat 1991; Paccolat / Schifferdecker 1992; Schwarz 1993; Demarez / Othenin-Girard 1999. – Den Hinweis auf das flavische Keramikdepot in einer Doline im 4 km von Châtelat entfernten Lajoux verdanke ich Martin Allemann, Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt.

Messstelle	Werte	Cu	Sn	Zn	Pb	Au	Ag	Fe	Hg
d: Regulus innen	%	23,26	2,40	52,12	10,54	–	0,03	5,93	–
c: Regulus Oberfläche	ppm	445 177	30 463	900 333	72 077	27	294	179 018	328
b: grüner Innenbelag	ppm	83 148	8 910	669 297	29 177	–	107	181 195	270
a: Tonoberfläche innen	ppm	17 534	287	40 816	5 466	–	36	8 522	19
Ungebrauchte römische Tiegel	ppm (Ø)	11	85	33	29	(4)	(7)	(10 218)	(6)

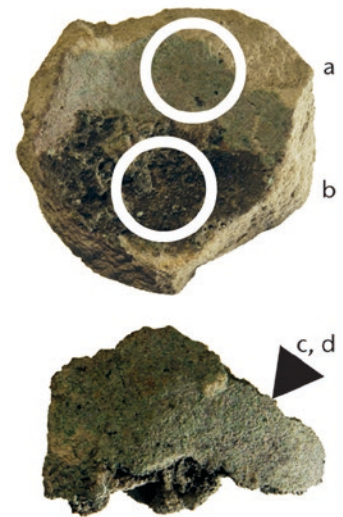


Abb. 85: Augusta Raurica, Tiegelrandstück mit metallischem Regulus **T296** (Abb. 8, **T296**). Die Gehalte ausgewählter Metalle am Gesamtmaterial (Keramik, Schlacke). Die Kreise a und b auf der Tiegellinnenseite und Dreieck c am Regulus geben die Stellen der Oberflächen-XRF an; bei d ist der Regulus zusätzlich gebohrt und die «Alloy»-Analyse d durchgeführt worden (Prozentwerte, nur bezogen auf die Metalle). Die Vergleichswerte unten in der Tabelle sind die Durchschnittszahlen von 19 ungebrauchten Tiegeln aus Insula 19 (Tabelle 1, **T124–T187**). Die Zahlen in Klammern sind tonspezifisch resp. teilweise unter der Nachweisgrenze. Foto M. 1:1.

Fallbeispiel sehr anschaulich. Es zeigt sich auch in diesem Fall, dass die flüchtigeren Metalle Blei und Zink viel besser in den Tiegelton hineindiffundieren als Kupfer und Zinn.

Am konkreten Beispiel **T296** haben wir mehrere Analysen durchgeführt, um diese Vorgänge exemplarisch zu dokumentieren (Abb. 85). Im Vergleich zu den effektiv im metallischen Regulus ermittelten Legierungsanteilen (Messstelle d in der oberen %-Zeile) sind die Metalle in der Innenschlacke und im Tiegelton zwar nachweisbar, aber in sehr unterschiedlicher Konzentration: Allen Nichteisenmetallen gemeinsam ist die Tatsache, dass sie auf der Regulus-Oberfläche (c) noch sehr dominant vertreten sind, auf der grün überzogenen Tiegellinnenseite (b) aber weniger und auf dem nackten Tiegelton (a) noch weniger konzentriert auftreten. *All* diese Werte nehmen mit zunehmender Distanz zum Regulus *stetig* ab. Im Vergleich zu neuer Tiegelkeramik (Abb. 85, unterste Zeile) sind aber alle Metallgehalte signifikant übervertreten, egal wo man am Tiegel analysiert hat!

Schlacke- und Metallspritzer

Oft beobachtbare kleinste Metalltröpfchen in Schmelztiegeln und gelegentlich auch an der Aussenhaut (Beispiele Abb. 50, farbiger Tomographie-Schnitt; Taf. 20, **T564**) sind willkommen, wenn es um den Nachweis der einst im Tiegel erschmolzenen Gusspeise geht. Selbst hellgrün verfärbte Einsprengsel in der Schlacke oder an der inneren Tiegelwand lassen den Wunsch aufkommen, diese Spuren der einstigen Gusspeise auf ihre Legierungszusammensetzung zu analysieren. Und in den Bodensätzen haben sich oft Gemische von Schlacke und verschlacktem Metall, ja sogar von Reguli oder ihren Abdrücken erhalten (Beispiele

Tabelle 2), deren Analyse Aufschluss über die einstige im Tiegel erschmolzene Legierung geben.

Hans Drescher warnt jedoch vor allzu grosser Gutgläubigkeit: «Wie schon bei Versuchen mit entsprechenden einfachen, nicht industriell hergestellten Tiegeln leicht nachzuprüfen, ist das Material an und in den Wandungen eines Tiegels oft sehr unterschiedlich und erlaubt selten sichere Rückschlüsse auf die wirkliche Zusammensetzung des geschmolzenen Metalls.»⁵⁹⁰ Diese Vorsicht ist nach meinen Erfahrungen vor allem im Hinblick auf die meist stark veränderte Zusammensetzung an patinierten Oberflächen angebracht. Die eigentliche Legierung kann nur an *blanken* Proben aus dem Objektinnern ermittelt werden.

Hinzu kommt, dass beim Nachweis einer bestimmten Legierung in einem Tiegel nicht auszuschliessen ist, dass *zuvor auch andere Legierungen* im selben Gefäss erschmolzen wurden.

Wir waren deshalb bestrebt, vor allem Tiegel mit metallischen Teilchen zu bohren und archäometrisch zu untersuchen.

Analyse von Bohrspänen aus im Tiegel anhaftenden Metalltröpfchen

Tiegel mit erkennbaren Metalltröpfchen wurden, wenn es ihre Grösse erlaubte, durch Herausbohren feiner, blanker Metallspäne beprobt. Leider erlaubten nur wenige Exemplare ein solches Vorgehen. Umso klarer sind die Ergebnisse, denn es wurden dank dieser Probenentnahme

⁵⁹⁰ Drescher 1994, 134.

keine Korrosionsprodukte, sondern direkt die ehemalige Metallschmelze analysiert. Es lassen sich an jenen Tiegeln folgende Legierungen aus *Metalltröpfchen* nachweisen (Tabelle 2):

- 5× Zinn-Bleimessing: **T276, T547** (in 2 separaten Tröpfchen), **T548, T564, T874** (modern)
- 4× Zinn-Bleibronze: **T41, T194, T214, T873** (modern)
- 1× Zinnmessing: **T289** (in 2 separaten Tröpfchen)
- 1× Zinnbronze: **T765**
- 1× Silber-Bleibronze: **T297**
- 1× Bleikupfer: **T897** (in Regulus)

In einem Fall, einem kleinen eiförmigen Tiegel ohne aus- sen aufgebracht *Lutum* (**T29**, Abb. 89; Tabelle 2), wurde nachweislich eine *Silberlegierung* erschmolzen. Hätte man nur die Oberflächenwerte am schön erhaltenen Regulus und an einem durchkorrodierten Tröpfchen im Tiegelboden, so sprächen wir von einer Legierung mit 23–41% Silberanteil. Die einzige *gebohrte*, d. h. metallisch-blanke Probe aus dem Regulus verweist jedoch «nur» auf eine Bronze mit 2,5% Zinn und immerhin 3,76% Silber. Im Tiegel eines «echten» Silberschmieds wären Anteile von 60% und mehr Silber zu erwarten⁵⁹¹! Unser Befund erlaubt hingegen zwei unterschiedliche Interpretationen: Entweder liegen die Reste mehrerer Schmelzvorgänge – mit Silber und Bleibronze – vermischt vor oder man schmolz eine Recyclinglegierung mit vielen heterogenen Ausgangsstoffen (u. a. auch Silberschmuck) zusammen.

Die übrigen Gussweisenachweise liegen alle im Spektrum des für die römische Zeit Üblichen (s. auch Abb. 97). Dies gilt auch für Bronzen mit 17 und mehr Prozent Blei und für Messinge mit 11 und mehr Prozent Zink. Einzig die Analyse der Bohrspäne und Splitterchen im Tiegel **T20** erbrachte mit 44,3% einen extrem hohen Bleigehalt. Die Probe ist jedoch nicht metallisch, sondern korrodiert und zeigt die gewohnte, durch Oberflächenoxidation verursachte Unterrepräsentierung des Kupfers (Tabelle 2).

In einigen wenigen Fällen (z. B. Kat.-Nr. **T297, T548, T564**) wurden Metallspuren – zum Beispiel anhaftende Metalltröpfchen – sowohl oberflächlich auf der Patina gemessen als auch anschliessend gebohrt und die blanken Späne analysiert (Doppelmessungen in Tabelle 2). Je nach Patina und Messmodus («Soil» resp. «TestAllGeo» vs. «Alloy») fallen die Messwerte sehr *unterschiedlich* aus (vgl. Tabelle 2 mit 1), bedingt durch das unterschiedliche Verdampfungsverhalten der verschiedenen Legierungselemente und die extreme Elementveränderung an der Objektoberfläche infolge der Korrosionsprozesse⁵⁹². Wenn möglich sollten daher für Vergleichszwecke die Analysen des *blanken* Metallkerns benutzt oder sehr auf die Veränderungen an der Oberfläche geachtet werden (s. «Mehrfachanalysen in Tiegeln» unten).

Analyse von Bohrspänen aus Metall-Reguli

Die Rest-«Posten» der Gussweise

Als Regulus werden erstarrte metallische Schmelzen im Boden von Tiegeln oder separat vorliegende «Bodensätze» bezeichnet. Wie es in einigen Fällen in Augusta Raurica dazu kam, dass die Bronze aufgeschmolzen wurde, dann aber im Tiegel erstarrte und als schweres Metalldepot im Bodenteil verblieben ist, ist im Einzelfall nicht mehr eruierbar. Es gibt allerdings Fälle, bei denen Metallreste, Tiegelscherben und *Lutum* zu einem wirren «Konglomerat» verbacken sind (z. B. Taf. 8, **T202**), dass man vermuten muss, der Tiegel sei infolge Überhitzung geborsten und so ins Feuer resp. in den Schmelzherd gefallen, dass das Metall nicht mehr zu retten war.

Offenbar ist im Tiegelmateriale von Xanten/D, Insula 39, der Anteil solcher Gussposten in Tiegeln derart hoch, dass die Autoren einen Regelfall annahmen, der für Augusta Raurica aber sicher nicht zutrifft: «The charge always solidified in the crucibles, resulting in the need to smash the vessels to recover the metal.»⁵⁹³

Grössere Klumpen sind in der Regel relativ schwer, intensiv grün verfärbt, aber selten metallisch kompakt, sondern in aller Regel verschlackt oder korrodiert (nur kleine Gusspritzen und -tröpfchen sind in metallischer Form erhalten)⁵⁹⁴.

Regulus-Negative in Tiegeln

In einigen Fällen hinterliessen Reguli deutliche Negative (z. B. **T190**) oder Reste der auf ihnen gebildeten Schlacke am Tiegelrand lassen den «Pegelstand» der letzten Schmelze erkennen (z. B. **T579**; s. Abb. 8).

Ein klarer Legierungsnachweis

Im einzigen «Regulus», aus dem ein metallischer Analysekerne herausgebohrt und im Modus «Alloy» analysiert werden konnte (Taf. 30, **T897**), lässt sich eine *Bleikupfer*-Legierung⁵⁹⁵ mit 91,62% Pb und 6,91% Cu nachweisen. Die Ele-

591 Die mir bekannten Nachweise von Silber Spuren in Tiegeln aus Doncaster/GB und Neuss/D sind ebenfalls nicht auf Silberguss zurückzuführen, sondern auf «Verunreinigungen» (s. Anm. 335 und 454) oder auf einen speziellen Zementationsprozess zur Messingproduktion (s. S. 72). Auch der Silbernachweis, kombiniert mit «hohen Schwefelkonzentrationen», in einem frühmittelalterlichen Tiegel aus Pohansko/CZ beweist noch nicht das Schmelzen einer hochhaltigen Silberlegierung (Macháček u. a. 2007, 181).

592 Grundlegend Dungworth 2000; Kearns u. a. 2010.

593 Rehren/Kraus 1999, 267 («... even though the one preserved spout had obviously been used.»).

594 Es ist möglich, dass sich im Bronzematerial von Augusta Raurica noch weitere Reguli unter den «Bronze-Gusskuchen» verbergen.

595 Solche binären Blei-Kupfer-Legierungen sind offenbar selten in der Antike: Mothes/Pernot 2008, 410 Tab. 3 («employé pour réaliser des décors sur ce qui est certainement un fragment de miroir. L'occurrence de ce type d'alliage, avec 5% de plomb et une pollution par de l'étain, est à notre connaissance assez rare»).

mente Ag, Au, Sn und Zn fehlen oder sind nur in geringsten Spuren nachweisbar (Tabelle 2).

Semi-quantitative Legierungsbestimmungen an korrodierten Reguli

Die übrigen Reguli (Abb.8) sind völlig durchkorrodiert, und metallische Bohrspäne konnten nicht entnommen werden. Sie wurden mit dem Niton-Analyzer sowohl in den Modi «Alloy» und «Mining» resp. «TestAllGeo» gemessen:

- T53** Tiegelinnenfläche *neben* Regulus-Negativ: Cu++, Sn+, Pb u.a. (Tabelle 1; Krustenoberfläche, «Mining»)
- T190** Tiegelinnenfläche *neben* Regulus-Negativ: nur Pb in grosser Menge (Tabelle 2; «Alloy» und Tabelle 1, «Soil»)
- T227** Regulus *in situ* im Tiegel: Zn+++, Cu+, Sn (Tabelle 1; Kruste innen, «Mining»)
- T259** Tiegelinnenfläche *neben* Regulus-Negativ: Pb+, As+, Ag (Tabelle 1; Kruste innen, «Mining»)
- T579** Tiegelinnenfläche *neben* Regulus-Negativ: Zn+++, Cu++, Pb+, Sn, MnO (Tabelle 1; Belag/Kruste innen, «Soil»)
- T295** Tiegelinnenfläche *neben* Regulus-Negativ: Zn+++, Cu+++, Pb+, Sn+ (Tabelle 1; Kruste innen, «Mining»)
- T296** Regulus *in situ* im Tiegel (vgl. Abb.85): Zn++, Cu++, Pb+, Sn (Tabelle 2; Regulus im Bruch und korrodierte Bohrspäne, «Alloy»)
- T894** Isolierter Regulus: oxidierte Oberfläche: Zn++, Cu, Pb, Spur von Sn (Tabelle 2; Oberfläche oben unten korrodierte Bohrspäne, «Alloy»)
- T895** Isolierter Regulus auf Keramikrest: Zn++, Pb+, Sn+, Cu (Tabelle 1); Oberfläche oben; unten korrodierte Bohrspäne, «Mining»)
- T896** Isolierter Regulus: Pb++, Cu+, Sn (Tabelle 2; Ober- und Unterseite sowie korrodierte Bohrspäne aus grauer und brauner Schicht [4 Messungen], «Alloy»)
- T897** Isolierter Regulus (s. oben): Bleikupfer mit 92% Pb, 7% Cu, 1% As (Tabelle 2; blanke Bohrspäne, «Alloy»).

Somit lassen sich – unter Berücksichtigung der Veränderungen bei der Korrosion – folgende Legierungen an *Reguli* oder direkt neben Regulusabdrücken in den Tiegeln feststellen:

- 5× Zinn-Bleimessing: **T295, T296, T579, T894, T895**
- 2× Zinn-Bleibronze: **T53, T896**
- 1× Zinnmessing: **T227**
- 1× ein Blei-Silber-Scheidungsprodukt?: **T259**
- 1× Blei: **T190**
- 1× Bleikupfer: **T897**.

Chemische Metallnachweise in eiförmigen Tiegeln der Augster «Normalform»

In sehr zahlreichen Tiegeln konnte Markus Helfert mit den *Oberflächen-XRF* die Spuren der einst erschmolzenen Metalle analysieren (Tabelle 1; deutlich erhöhte Werte sind auch im Katalog erwähnt). Diese Werte sind jedoch mit Vorbehalt zu interpretieren, je nachdem welche Oberfläche gemessen wurde: Bei Keramikoberflächen und glasurähnlichen dünnen Schlackenschichten können nur *diffundierte* Metallspuren gemessen werden. Bei intensiv grünen Verfärbungen und tropfenartigen Auflagen im Tiegelinneren handelt es sich zwar um deutlich erkennbare Reste der Metallschmelze, die aber kein metallisches Material enthalten und nur an der *korrodierten Oberfläche* analysiert wurden und daher *nicht* die einstigen Legierungen darstellen⁵⁹⁶.

Wie oben ausgeführt, wurden von makroskopisch erkennbaren *Metalltröpfchen*, die an manchen Tiegeln anhaften, wann immer möglich kleine *Bohrproben* entnommen (Tabelle 2). Von einigen ausgesuchten Tiegeln hat Daniela König Dünnschliffe gemacht und wenige mikroskopisch erkennbare kleinste Tröpfchen mit der *Mikrosonde* untersucht (s. unten mit Abb.95–97).

Wir legen im Folgenden die Ergebnisse der aus den drei methodisch auseinanderzuhaltenden Messmethoden *getrennt* vor:

Oberflächen-XRF an den Tiegelinnenseiten (Tabelle 1)

Die Oberflächen-pXRF an den Tiegelinnenseiten wurden im Niton-Modus «Soil» (und später auch in «TestAllGeo») gemessen, da dort sämtliche uns interessierenden Metalle erfasst werden und gleichzeitig der Massenkontext mit vielen leichteren Elementen mitgemessen wird. Aus Tabelle 1 (Link S.335) sind alle Oberflächenanalysen ersichtlich. In den typischsten Fällen sind die Metalle als grüne Spur erkennbar und signifikant als Zeugnisse des Schmelzprozesses vertreten. In einigen Fällen wurde dieselbe Stelle auch im Modus «Alloy» gemessen (Tabelle 2). Diese Fälle werden, zusammen mit den Alloy-Analysen der blanken Bohrproben, in Abbildung 97 und Tabelle 2 aufgelistet⁵⁹⁷. Die

⁵⁹⁶ In einer viel kleineren Serie von eisenzeitlichen Tiegeln aus Aulnat/F konnten Matthew Smith und John Collis (1982, 64) folgende Metallreste nachweisen: Frühlatène: Cu, teilweise auch Sn und Pb (8 Tiegel); Mittel- und Spätlatène: Cu, Sn und Pb, teilweise auch As, Au und Ag (5 Tiegel). In einem Fragment waren Goldkugeln sogar makroskopisch sichtbar. In je einem Tiegel waren nur sehr *geringe* Metallspuren nachzuweisen, ohne dass die Autoren deren Zustand (neu oder gebraucht) erwähnen. – Zu den semi-quantitativen Metallnachweisen in 14 Schmelztiegeln und vier Zementationstiegeln aus Javols/F siehe Rabeisen u. a. 2010, 351 f. Tab.4 und 6.

⁵⁹⁷ Markus Helfert und der Autor konnten leider nicht nachvollziehen, weshalb dieselbe Messfläche in den beiden Messmodi «Soil» und «Alloy» selbst dann keine übereinstimmenden Ergebnisse erbrachten, wenn als Berechnungsbasis die Summe derselben Metallelemente zu 100% genommen wurde.

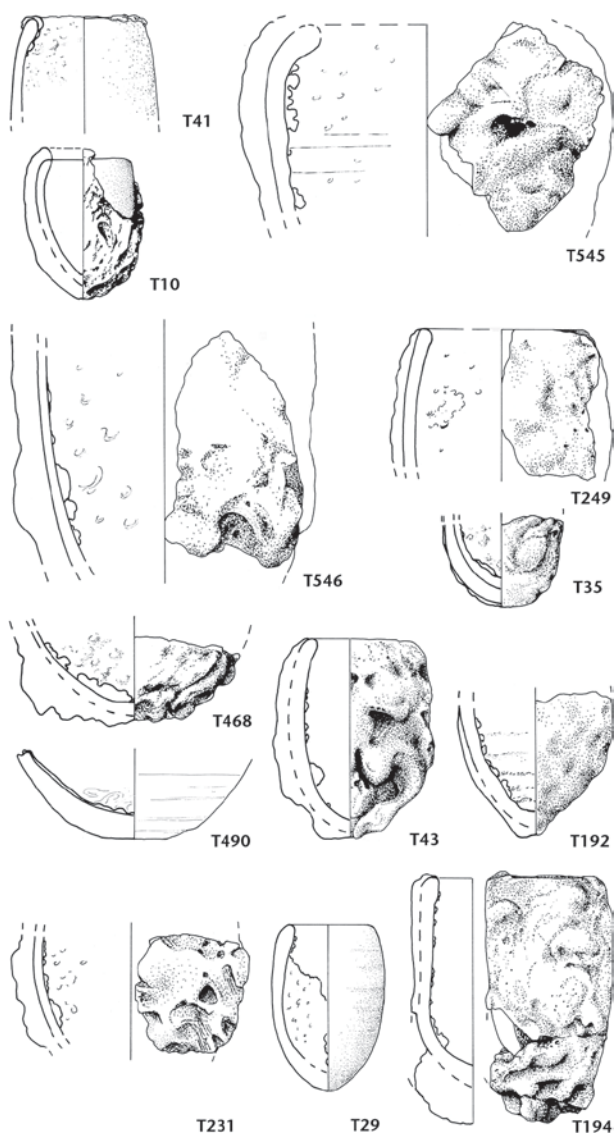


Abb. 86: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Kupfergehalten (>190000 ppm Cu), angeordnet nach abnehmendem Cu-Gehalt. M. 1:3.

Prozentzahlen basieren auf der Summe aller in diesem Modus erfassten Metalle.

Die analysierten Keramikoberflächen in Innern der Schmelztiegel, welche die jeweils *höchsten* Buntmetallgehalte erbrachten, werden im Folgenden aufgelistet. Hier ausgeklammert bleiben die erhöhten Zinkgehalte, die unten in Zusammenhang mit dem Messing-Zementationsverfahren zusammengestellt sind (Tabelle 1 und Abb. 102):

Kupfer: >190000 ppm Cu (Abb. 86): **T41.T10.T545.T546.T249.T35.T468.T490.T43.T192.T680.T231.T29.T194.** Die analysierten Tiegel aus Augusta Raurica mit den höchsten Kupferkonzentrationen sind ziemlich einheitlich in Form resp. Grösse, d.h. relativ klein. Die grösseren darunter sind auffallend dünnwandig – möglicherweise wegen des hohen Schmelzpunktes von Kupfer. Es erstaunt wegen der hohen Anforderungen an die Hitzebeständigkeit aber, dass diese Tiegel nicht alle lutiert sind (**T41.**

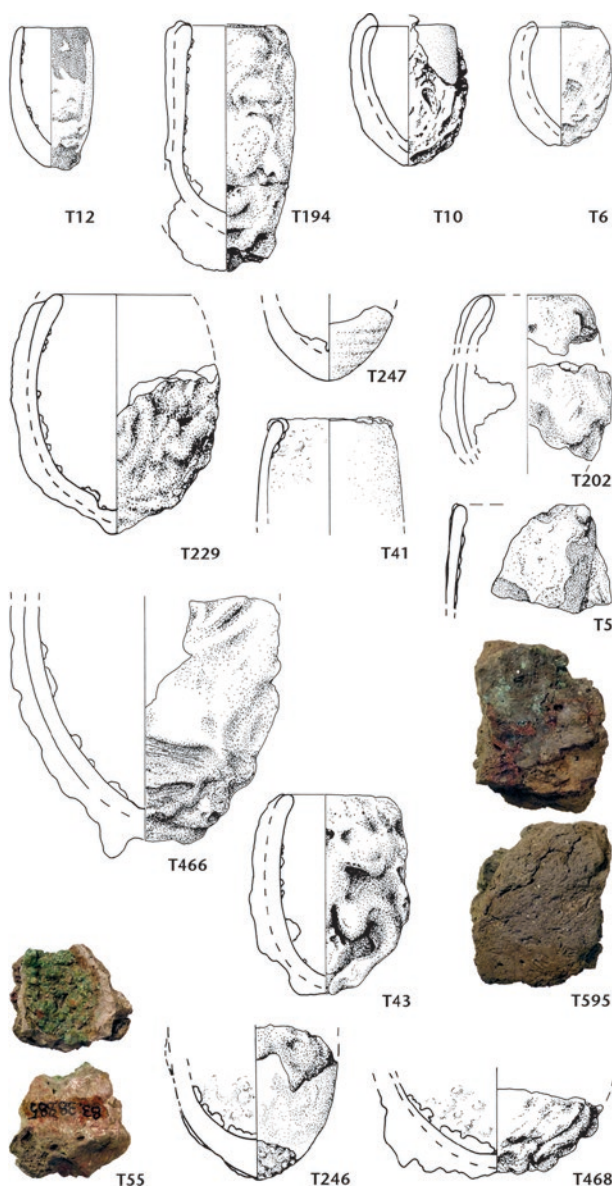


Abb. 87: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Zinngehalten (>40000 ppm Sn), angeordnet nach abnehmendem Sn-Gehalt. M. 1:3.

T490.T29). Die Stücke **T29, T192** und **T194** haben zudem einen relativ hohen Goldgehalt (Abb. 90), **T29** auch Silber (Abb. 89), **T680** enthält relativ viel Quecksilber (nicht abgebildet), **T41, T10, T468, T43, T194** viel Zinn (Abb. 87), **T10** und **T545** viel Blei (Abb. 88) und **T545, T468, T43, T192, T680, T231, T194** viel Zink (unten mit Abb. 102).

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass die Cu-reichen Tiegel mit hohen Edelmetallanteilen kleine «Goldschmiedetiegelchen» sind (**T29, T192**), während jene mit hohen Zinngehalten Zementationstiegel sein könnten, in denen das viele Kupfer auf einen nicht optimalen Zementationsprozess schliessen liesse (**T545, T468, T231**; vgl. das Experiment 7, unten mit Abb. 137).

Zinn: >40000 ppm Sn (Abb. 87): **T12.T194.T10.T6.T229.T247.T41.T202.T5.T466.T55.T43.T595.T246.T468.**

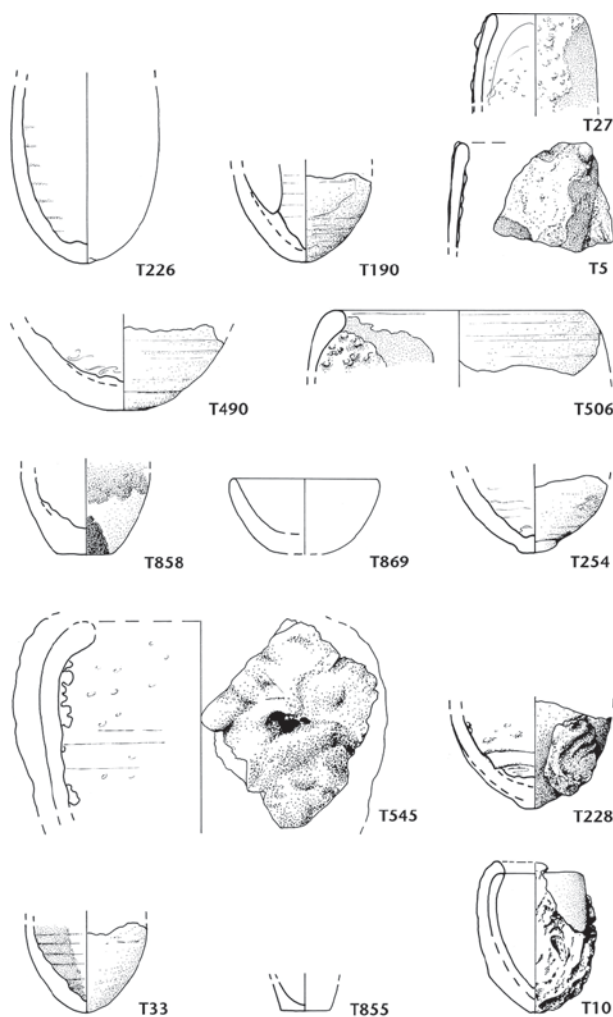


Abb. 88: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Bleigehalten (>250 000 ppm Pb), angeordnet nach abnehmendem Pb-Gehalt. M. 1:3.

Die Tiegel mit sowohl viel Kupferspuren als auch viel Zinn scheinen für normale Zinnbronzen (**T41.T229.T468.T43**) oder allenfalls Zinnbleibronzen (**T226.T5.T10**) verwendet worden zu sein (Abb. 97). **T5** enthält auch Spuren von Silber (Abb. 89) und Gold (Abb. 90); **T194, T12, T10, T229** und **T246** vorwiegend von Gold. **T55** und **T595** sind nicht abgebildet. Auch bei den zinnreichsten analysierten Tiegeln von Augusta Raurica dominieren die kleinen Grössen.

Blei: >250 000 ppm Pb (Abb. 88): **T226.T190.T27.T5.T490.T506.T858.T869.T254.T545.T228.T33.T855.T10**. Blei dringt bekanntlich gut in die Tiegelkrusten und die Keramikmasse ein. Es zeigen daher relativ viele der analysierten Tiegel von Augusta Raurica hohe Bleiwerte (Tabelle 1). Die Tiegel mit den allerhöchsten Pb-Konzentrationen machen typologisch einen sehr heterogenen Eindruck (Abb. 88). Die besonders hohen Bleiwerte lassen sich daher – wohl aus *unterschiedlichen* metallurgischen Gründen – sowohl bei ganz kleinen Tiegelchen (**T5.T10**) als auch bei grösseren Stücken (**T506.T545**) nachweisen. Das Kri-

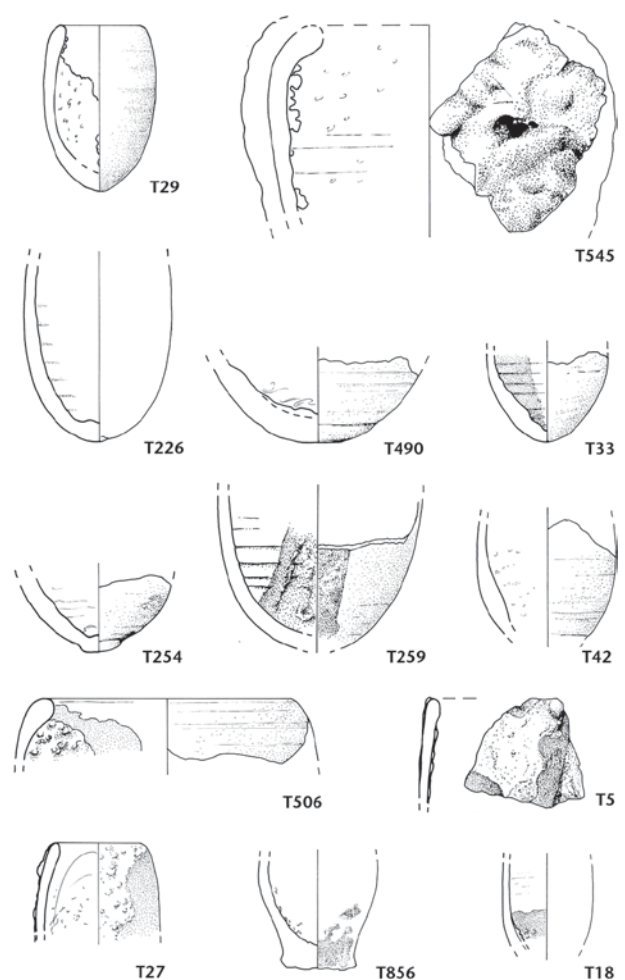


Abb. 89: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Silbergehalten (>5000 ppm Ag), angeordnet nach abnehmendem Ag-Gehalt. M. 1:3.

terium «>250 000 ppm Pb» erfüllen auch drei Objekte, die nicht zum Normaltyp gehören, nämlich zwei kleine Tiegelchen mit Flachböden (**T858.T855**) und einer der seltenen Schälchentiegel (**T869**). Das Blei kann durch das Wiedereinschmelzen von Bleibronzen, Spiegelbronzen oder vereinzelten Werkbleizugaben in die Tiegel gelangt sein.

Silber: >5000 ppm Ag (Abb. 89): **T29.T545.T226.T490.T33.T254.T259.T506.T42.T5.T27.T856.T18**. Da bei Prozessen mit Silberschmelzen oft Blei im Spiel ist, finden sich viele der besonders silberhaltigen Tiegelton- und -krusten (Abb. 89) auch unter den besonders bleireichen Stücken (Abb. 88). Die Tiegel mit den deutlichsten Silber Spuren sind meist *klein* und passen somit gut ins *Edelmetallgewerbe*. Dazu gehört auch das eher exotische Tiegelchen **T856** aus dunkelgrauem Ton mit grober Quarzmagerung und mit Flachboden. Es fällt auf, dass die silberhaltigen kleinen Tiegel *kein Lutum* aufweisen. Es erstaunt nicht, dass unter diesen Tiegeln mit höchsten Bleigehalten auch einige jener Exemplare erscheinen (**T33.T254.T259.T506.T27**), deren Bleigehalt wir oben als Teil einer innen partiell aufgetragenen, glasurähnlichen Schicht interpretiert haben (Abb. 83). Andere Analysen zeigen, dass auch mittel-

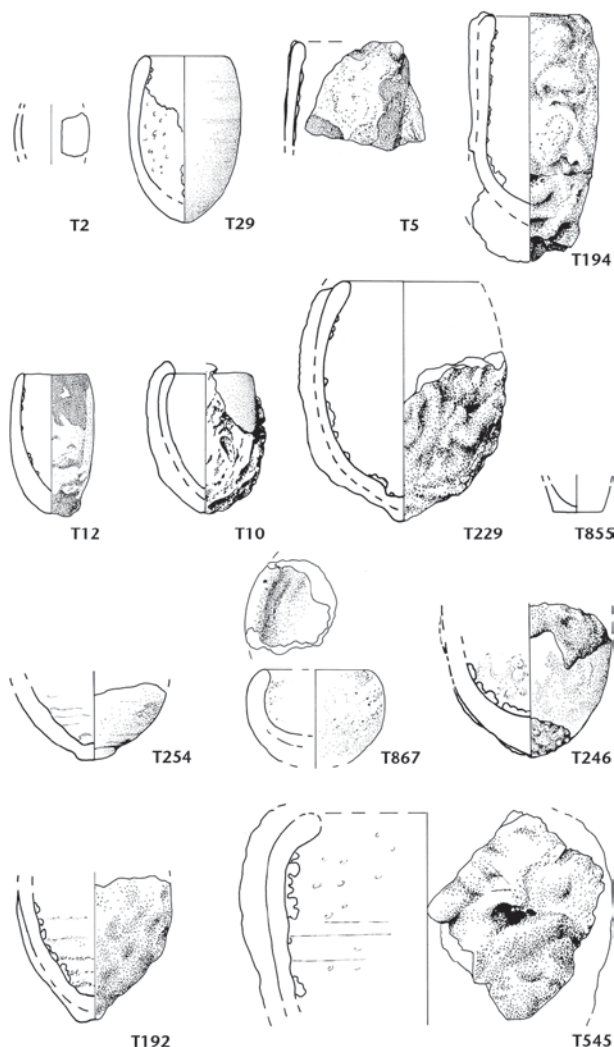


Abb. 90: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Goldgehalten (>70 ppm Au), angeordnet nach abnehmendem Au-Gehalt. M. 1:3.

grosse Tiegel eindeutige Spuren von Silber aufweisen können (Abb. 97). Schon oben haben wir festgestellt (S. 90), dass diese von Silberverarbeitung zeugenden Tiegel in eine relativ enge Zeitspanne vom 2. Viertel des 1. bis etwa zur Mitte des 2. Jahrhunderts fallen.

Gold: >70 ppm Au (Abb. 90): **T2.T29.T5.T194.T12.T10.T229.T855.T254.T867.T246.T192.T545.** Die höchsten gemessenen Gold-Konzentrationen in Tiegeltonen und Krusten finden sich – wie bei den silberhaltigen Tiegeln – wiederum in den ganz kleinen Exemplaren (Abb. 90, oben). Im Gegensatz zu jenen (Abb. 89) erstaunt es aber, dass einige darunter *lutierte* sind. Die gemessenen, an sich geringen Spuren von Gold in den Tiegeln (nur um 50–1200 ppm) müssen nicht unbedingt auf deren gelegentliche Verwendung mit Edelmetallen schliessen lassen; das Gold könnte auch beim Wiedereinschmelzen vergoldeter Statuenterteile und dergleichen unerkannt in die Bronze gelangt sein. Sicher anderer Verwendung war einer der seltenen Schälchentiegel: **T867** weist hohe Werte für Gold auf, aber auch Spuren von Silber und Quecksilber. Chronolo-

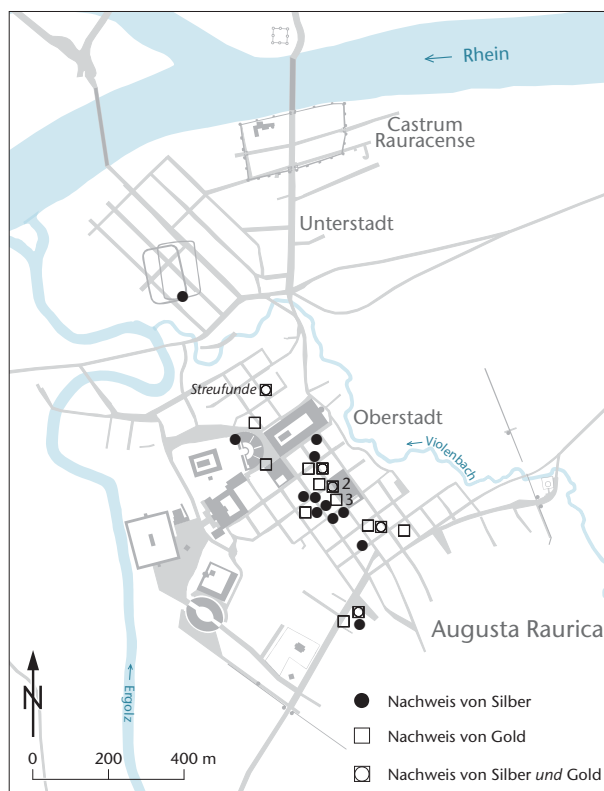


Abb. 91: Augusta Raurica. Kartierung der Schmelztiegel mit den deutlichsten Spuren von Edelmetallen an den Gebrauchskrusten oder der Keramik: Kreise: >1000 ppm Silber; Quadrate: >30 ppm Gold. M. 1:20000.

gisch gehören die meisten Tiegel mit Goldspuren ins ganze 2. und vermutlich noch in die 1. Hälfte des 3. Jahrhunderts; drei Stücke datieren ins 1. Jahrhundert (dazu oben S. 90).

Kartierung zur Frage der Edelmetallverarbeitung: In Abbildung 91 sind alle analysierten Tiegel mit > 1000 ppm Silber sowie jene mit > 30 ppm Gold kartiert. In manchen Fällen sind beide Metalle im selben Tiegel in erhöhten Spuren nachweisbar. Kartiert sind die jeweils 27 Tiegel mit den höchsten gemessenen Werten. Es versteht sich von selbst, dass sich unter der Mehrzahl der nicht analysierten Tiegel noch einige weitere Stücke mit Edelmetallspuren «verstecken».

Das Verbreitungsbild der Tiegel mit Edelmetallspuren in Augusta Raurica zeigt eine recht enge Verteilung der Hinweise auf *Goldverarbeitung* innerhalb eines von Nord nach Süd verlaufenden Streifens in den zentralen Insulae der Oberstadt (Abb. 91, □). Wenige Einzelstücke liegen ausserhalb davon in der Unterstadt, beim Theater und im Südwestquartier und könnten verlagerte Fragmente aus Plannien sein. Die Tiegel mit den höchsten *Silberwerten* sind ähnlich über die Oberstadt verteilt und streuen geringfügig weiter als die goldhaltigen Stücke (Abb. 91, ●). Die meisten Stücke fanden sich jedoch, wie auch die goldhaltigen, in denselben Quartieren, wo auch die Bronzehandwerker tätig waren (Streifen etwa zwischen den Insulae 27 und 43; vgl. die Gesamtverbreitung Abb. 30). Ob und wie sich die Edelmetall- von den Buntmetallwerkstätten bezüglich Lage und Einrichtung unterscheiden, kann zum heutigen

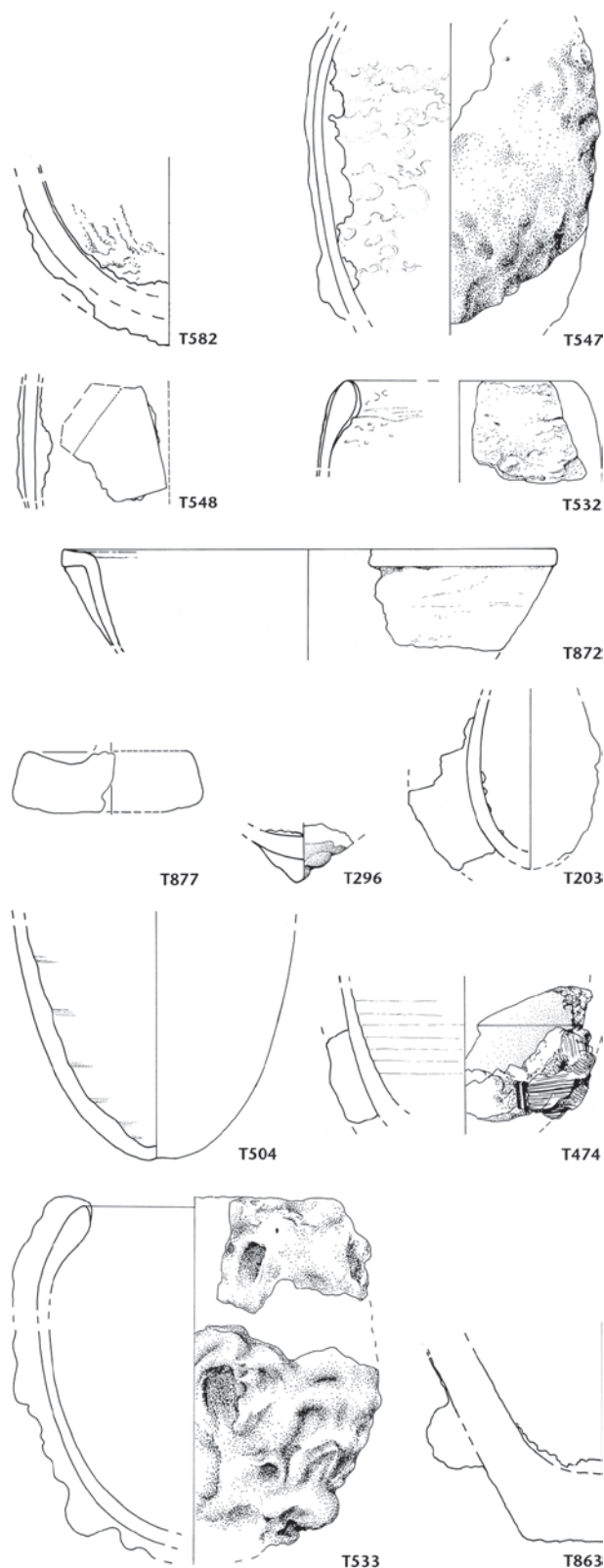


Abb. 92: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Quecksilbergehalten (>150 ppm Hg), angeordnet nach abnehmendem Hg-Gehalt. M. 1:3.

Zeitpunkt noch nicht gesagt werden. Immerhin fällt auf, dass vier gold- und zwei silberhaltige Tiegel nördlich der Hauptverbreitung – neben Forum und Theater – gefunden wurden (Abb. 91), wo ein Zusammenhang mit Bronzewerkstätten nicht auf der Hand liegt (Abb. 30). Dort wären spezialisierte Juweliere am ehesten denkbar – und erst noch «in bester Geschäftslage». Solange diese wenigen Belege allein dastehen, ist ein Werkstattnachweis allerdings noch nicht erbracht, denn solche Einzelstücke können auch in Plannien sekundär umgelagert worden sein.

Quecksilber: >150 ppm Hg (Abb. 92): **T582.T548.T547.T532.T877.T296.T504.T872.T203.T680.T474.T533.T863**. Quecksilber ist offenbar aus unterschiedlichen Gründen als Spur in die Tiegelkeramik eingedrungen. Es fällt dabei auf, dass vor allem *grosse Tiegel* solche Quecksilberspuren aufweisen (Abb. 92). Die dickwandigen Stücke **T582** und **T863** stammen beide aus Insula 4, bestehen aus dem lokalen TON 2 vom Typ Kaiseraugst / AG-Zelglihof und fallen auch optisch aus dem Rahmen; **T863** ist besonders dickwandig und hat einen flachen Boden.

Das Wiedereinschmelzen von *feuervergoldeten Bronzen* kann nebst Gold auch Quecksilberreste des Amalgams in die Schmelze einbringen, allerdings müssten dann auch Spuren von Gold in den betreffenden Tiegeln nachweisbar sein. Dies betrifft vor allem das kleine Exemplar **T203** (und das nicht abgebildete Stück **T680**). In geringerem Umfang vereinen auch die Tiegel **T194.T231.T247.T448** und **T564** (Taf. 7–20) eine Kombination von Gold- und Quecksilberspuren, was ebenfalls auf das Recycling von vergoldeten Bronzen zurückgeführt werden könnte.

Eine weitere Spurenelementkonzentration fällt ebenfalls auf, nämlich Tiegel mit erhöhten *Quecksilber- und Zinkwerten*. Es sind dies die Stücke **T419.T550.T533.T580–T583** und **T863** (Taf. 13–22; 26). Diese Tiegelgruppe ist auffallend *einheitlich*: Sie sind alle ziemlich gross, meist dickwandig, haben einen runden Boden, und alle vier vorhandenen Ränder weisen einen speziellen *Lutum*-Aufbau auf, entweder horizontal abgestrichen für einen Deckel (Beispiel Abb. 28, **T580**) oder trichterförmig nach oben erweitert. Falls in diesen verschlossenen Tiegeln (Deckel!) Messing zementiert worden wäre, ist zwar der hohe Zinkgehalt erklärlich, nicht aber der Quecksilberanteil⁵⁹⁸. Offenbar gelangen bei (uns nicht bekannten) metallurgischen Prozessen, bei denen *Deckel* erforderlich sind, ebenfalls Quecksilberdämpfe in die Tiegel- und Deckelkeramik, wie die Beispiele **T877** und **T879** (Taf. 29; letztes allerdings mit geringeren Hg-Werten) belegen.

⁵⁹⁸ Zinkerze, sowohl Galmei (Zinkspat, Smithsonit; ZnCO_3) als auch Zinkblende (Shpalerit; ZnS), enthalten kaum Quecksilber (s. auch unten mit Anm. 630). Der von uns analysierte Galmei von Wiesloch/D enthält zwar 4–31% Zn, aber Hg ist unter der pXRF-Nachweisgrenze (Tabelle 7).

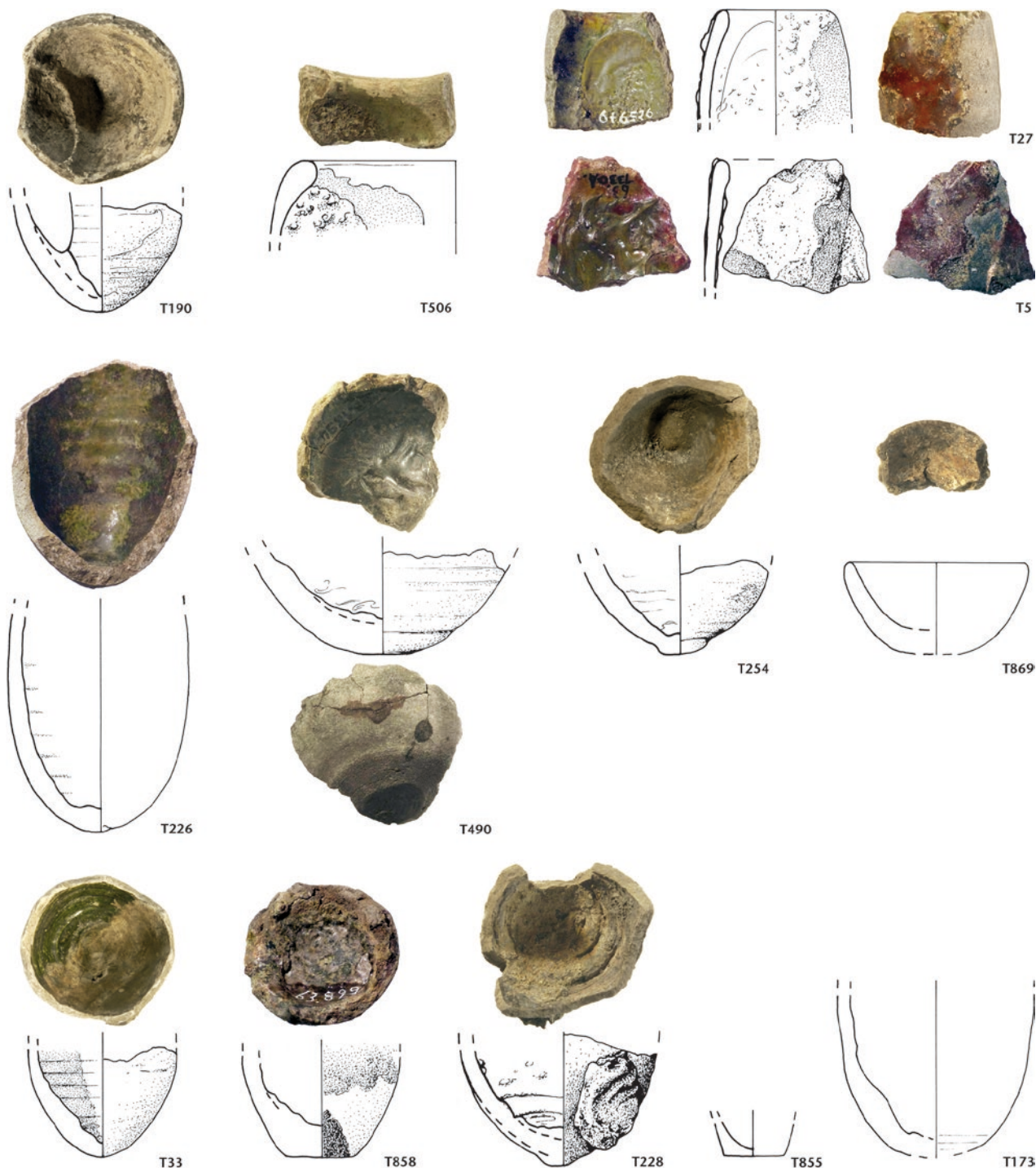


Abb. 93: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Arsengehalten (>18000 ppm As), angeordnet nach abnehmendem As-Gehalt. In allen Fällen korrelieren damit auch sehr hohe Bleigehalte und meist auch erhöhte Silberwerte (s. Katalog und Tabelle 1). M. 1:2.

Arsen: >18000 ppm As (Abb. 93): **T190.T506.T27.T226.T5.T490.T254.T869.T33.T858.T228.T545.T855.T173.** Arsen ist ein häufiger Begleiter von Kupfer und Bronze, da es an gewissen Kupferlagerstätten *natürlich* vorkommt (Arsenfahlerz)⁵⁹⁹. Es ist in unserem Material immer von bedeutenden Spuren von Blei und Silber begleitet. Es gibt jedoch auch die Hypothese, dass in der frühen Metallurgie Arsen künstlich dem Buntmetall zulegiert wurde⁶⁰⁰, zum Beispiel als *Flussmittel* oder als «*Härter*»⁶⁰¹.

599 Lechtman / Klein 1999 (mit älterer Lit.).

600 Zum Beispiel in Spiegelmetallen. – Vgl. die modernen Legierungen bei Brunhuber 1960, 175 Anm.15, Werkstoffe 1503 (Arsen-Bleibronze) und 1504 (Arsen-Zinn-Bleibronze) mit 0,8–10% As sowie 182, Werkstoff 1625 (Spiegelmetall) mit 2% As.

601 Bersch 1899, 45 f. (Härten von Bleilegierungen und Metallen für Klingeln); Brunhuber 1991, 63 (0,35–0,55% As ergibt eine Erhöhung der Zähigkeit von Kupfer).

Kat.-Nr.	Inv.; Messpunkt	SiO ₂	SnO ₂	PbO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	NiO	CuO	ZnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Interpretation
T230	1978.24280; P1	22,46			6,18	8,04	1,5	1,08	0,7			60,03			?
	1978.24280; P2	0,5	11,81		4,22	0,64			0,6		78,28	3,95			Zinnmessing
	1978.24280; P3	0,36	5,81	1,19	3,29	0,92			0,44	1,65	84,9				Zinn-Bleibronze
	1978.24280; P4	0,32	9,51	1,67	2,59	0,79			0,28		79	5,84			Zinn-Bleimessing
	1978.24280; P5		10,52	1,84	2,56	0,78			0,35	1,77	80,04	2,14			Zinnmessing
	1978.24280; P6		9,18	12,7	2,31	0,8			0,32	1,07	68,57	5,05			Zinn-Bleimessing
	1978.24280; P7	12,22	38,9	15,39	2,08	1,15			4,44		19,82	1,04		4,95	Zinn-Bleibronze
	1978.24280; P8		26,2	48,77	2,9	0,93					21,2				Zinn-Bleibronze
	1978.24280; P9		11,2		1,64						82,62	4,54			Zinnmessing
	1978.24280; P10	3,25	45,05		2,79	1,6				21,9	17,2	8,22			Zinnmessing
	1978.24280; P11	0,34	11,2		1,45	0,57			0,38	0,67	80,95	4,45			Zinnmessing
	1978.24280; P12	0,48	11,27		1,52	0,48			0,44	0,66	81,1	4,05			Zinnmessing
	1978.24280; P13	11,16	39,74	4,85	2,63	5,18			2,1		1,99	19,84	11,18	1,33	Zinnmessing
	1978.24280; P14	0,32	9,66	7,42	1,37	0,63			0,32	1,63	74	4,63			Zinn-Bleimessing
	1978.24280; P15	0,26		3,2	1,69	0,57			0,59	0,59	86,96	6,13			Messing
T454	1978.22766B; P1	0,53	1,74	0,31	1,12				0,27		96,03				Zinnbronze
	1978.22766B; P2	14,66	38,44	13,42	2	1,39		0,36	3,85		21,66	0,79		3,43	Zinn-Bleibronze
	1978.22766B; P3	10,96	45,43	15,95	1,78				3,53		19,25			3,09	Spiegelbronze?
	1978.22766B; P4		10,28		0,95	0,98			0,47		82,54	4,78			Zinnmessing
	1978.22766B; P5	4,83	22,22	5,43	0,84	11,18			1,67		48,83	4,37		0,63	Zinn-Bleimessing
	1978.22766B; P6		2,6		1,1	0,54					95,75				Zinnbronze
	1978.22766B; P7	12,22	38,9	15,39	2,08	1,15			4,44		19,82	1,04		4,95	Zinn-Bleibronze
	1978.22766B; P8		10,97						0,32		88,71				Zinnbronze
	1978.22766B; P9	8,75	36,17	10,93	1,74	1,74			3,43		31,28			5,94	Zinn-Bleibronze
	1978.22766B; P10		5,23			1,25			0,22		91,42	1,87			Zinnmessing
	1978.22766B; P11	9,48	32,25	10,59	1,75	2,17			4,06		30,6	0,94		8,15	Zinn-Bleibronze
	1978.22766B; P12	0,64	7,06		1,05	0,41					89,6	1,23			Zinnmessing

Abb. 94: REM-EDS-Analysen von winzigen Metalltröpfchen im Anschliff der beiden Tiegelfragmente **T230** (Abb. 95) und **T454** (Abb. 96). Die Werte sind Gewichtsprozent; sie können durch die Kleinheit der Tröpfchen mit nichtmetallischem Umgebungsmaterial vermischt sein. Analysen Daniela König; Interpretation Alex R. Furger.

Aus diesen Gründen sind hier auch diejenigen der analysierten Tiegel aufgeführt, die überdurchschnittlich hohe Arsengehalte aufweisen. Da gerade diese Serie sehr oft *bunte Verglasungen* zeigt, sind auch einige Fotos mit abgebildet (Abb. 93). Diese starken Verglasungen und die Anwesenheit anderer Metalle (Pb, Ag usw.) könnten auf kleinmassstäbliche Prozesse hinweisen, die nicht allein das Schmelzen und Giessen beinhalteten. Mit Ausnahme von **T506**, **T490** und **T545** (s. Abb. 90) handelt es sich um *kleine* Tiegel, in denen wie erwähnt oft auch viel Silber (Abb. 89) und Blei (Abb. 88) nachgewiesen ist.

REM-EDS-Analysen an Tiegelschnitten

An zwei Tiegelwandfragmenten, die im Schnitt besonders viele kleinste Metalltröpfchen zeigten (engl. *prills*; Abb. 95 und 96), hat Daniela König deren Zusammensetzung mittels REM-EDS (Rasterelektronenmikroskop mit energie-dispersiver Röntgenspektroskopie) semi-quantitativ ana-

lysiert (Abb. 94)⁶⁰². Solche Messungen sind an sich zwar präzise und stammen vom blanken Kern der Tröpfchen, sie sind jedoch aufgrund der minimalen Messgrösse bei heterogenen Legierungen (z. B. mit hohem Bleianteil) problematisch und nicht sehr repräsentativ für die Gesamtlegierung.

Die gemessenen Tröpfchen sind im mikroskopischen Bild zwar deutlich zu erkennen, doch selbst mit dem Rasterelektronenmikroskop ist die Legierung durch das umgebende Material kontaminiert, und «Gehalte von Aluminium, Silizium, Kalzium, Eisen, Natrium und Phosphor stammen zumeist aus der Umgebung der Metallpartikel.

⁶⁰² Die Analysen sind ein Nebenprodukt einer Dissertation an der Universität de Fribourg, die mir Daniela König in dankenswerter Weise zur Publikation zur Verfügung gestellt hat (Abb. 94–96).

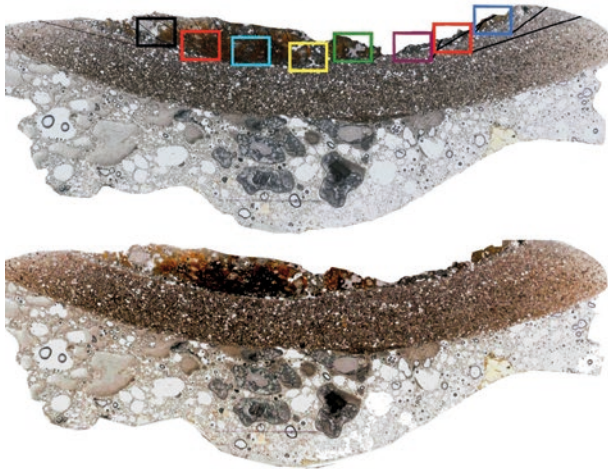
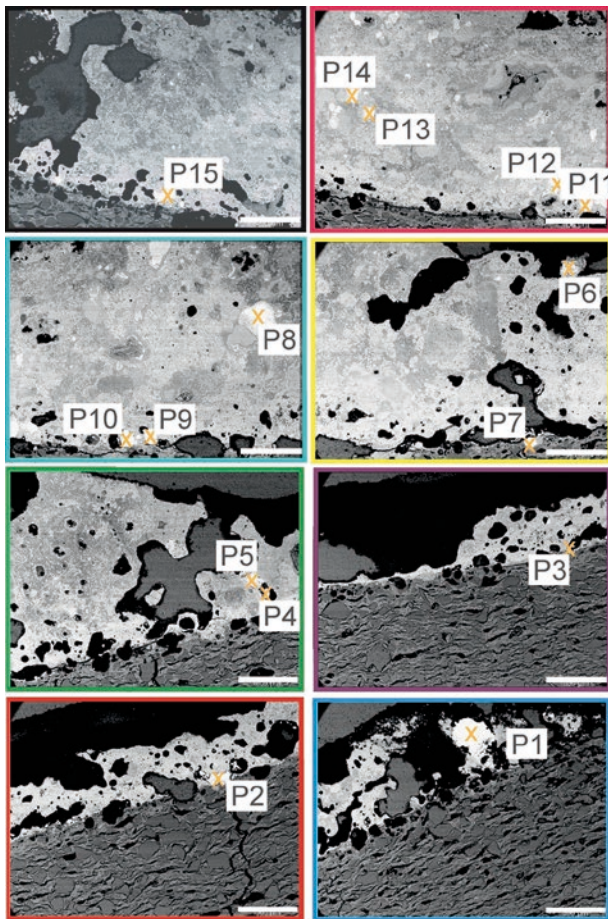


Abb. 95: Augusta Raurica. Wandfragment von Tiegel **T230** im Anschliff. In den acht Detailausschnitten sind die REM-EDS-Analysen P1–P15 (Mikrosonde) eingetragen (s. Abb. 94). M. 2:1 (unten), kleine Ausschnitte oben M. 15:1.

Auf Grund deren Grösse lässt sich jedoch eine Messung der Umgebung teilweise nicht vermeiden»⁶⁰³.

Sowohl die bohrbaren grösseren Tröpfchen (Tabelle 2) als auch die kleinen Tröpfchen in der Rasterelektronenmikroskopie (Abb. 94) ergaben unterschiedliche Legierungen (zusammengefasst in Abb. 97)⁶⁰⁴. In den beiden mit REM-EDS untersuchten Tiegelfragmenten sind sogar *je vier bis fünf unterschiedliche Legierungen* mehrfach nachweisbar (Abb. 94), nämlich

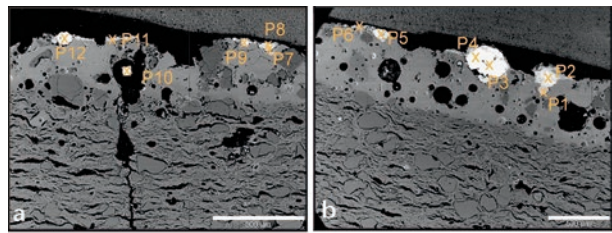


Abb. 96: Augusta Raurica. Wandfragment von Tiegel **T545** im Anschliff. In den beiden Detailausschnitten sind die REM-EDS-Analysen P1–12 (Mikrosonde) eingetragen (s. Abb. 94). M. 2:1 (unten), kleine Ausschnitte oben M. 15:1.

- Zinn-Bleibronze, Zinnmessing und Zinn-Bleimessing in Tiegel **T230** (Abb. 95) resp.
- Zinnbronze, Zinn-Bleibronze, Messing, Zinnmessing, Zinn-Bleimessing und allenfalls sogar Spiegelbronze in Tiegel **T454** (Abb. 96).

Mehrfachanalysen in Tiegeln

Die vielen mittels REM-EDS analysierten «prills» in der inneren Engobe von zwei Tiegeln zeigen untrüglich, dass im Laufe eines «Tiegel Lebens» sehr *unterschiedliche Kupferlegierungen* darin erschmolzen worden sind (s. oben mit Abb. 94–96).

In leider nur zwei Fällen konnten wir mit Bohrproben aus deutlich *grösseren* Metalltröpfchen untersuchen, ob ebenfalls *mehrere grössere Metallreste im selben Tiegel* dieselbe oder unterschiedliche Legierungen – d. h. zweier verschiedener Chargen – ergeben (Abb. 97: **, nach Tabelle 2 im Anhang). In beiden Fällen lagen die Analyseergebnisse sehr nahe beieinander: In einem Tiegel war nur Zinn-Bleimes-

603 Kommentar zu den REM-EDS-Ergebnissen von Daniela König, E-Mail vom 21.05.2014.

604 Ich danke Daniela König für diese ergänzenden Hinweise (semi-quantitative Analysen; für die Gesamtmenge der Augster Tiegel nicht repräsentativ).

sing nachweisbar (Tabelle 2, **T547**), im anderen nur Zinnmessing (Tabelle 2, **T289**). Die fast identischen Zinnwerte der beiden Analysenpaare bestätigen dies. Dies erlaubt den Schluss, dass die beprobten Metalltröpfchen entweder vom selben letzten Schmelzvorgang stammen oder aber, dass die beiden Tiegel immer nur für dieselbe Legierung verwendet worden sind.

In einigen anderen Tiegeln konnten sowohl die grüne Oberfläche im pXRF-Modus «Soil» als auch Bohrproben aus Bronzetröpfchen im Modus «Alloy» gemessen und miteinander verglichen werden (Abb. 97: *). Dies betrifft **T29** (Silber-Bleibronze); **T765** (Zinnbronze); **T41** und **T194** (Zinn-Bleibronze) sowie **T547**, **T548** und **T564** (Zinn-Bleimessing; auch die neuzeitlichen Stücke **T873**, **T874**). In allen diesen Fällen sind grosse *Abweichungen* zwischen effektiver, am Metallspan analysierter Legierung (Tabelle 2) und oberflächlich gemessener Korrosion (Tabelle 1) festzustellen. Diese sind durch starke Korrosions- und Diffusionsprozesse zu erklären. Es scheint, dass sich gewisse *Trends* beim Korrosionsprozess auf den Fundstücken wiederholen, wie zum Beispiel eine markante Zinn- und Bleianreicherung an den Metalloberflächen, verbunden mit einer Reduktion des Kupfergehalts⁶⁰⁵.

Am Tiegel **T547** (Abb. 92; Abb. 97,***) lassen sich offenbar jedoch *zwei verschiedene Legierungen* nachweisen, deren grosse Unterschiede in den Analysewerten nicht allein auf Korrosion oder Messmodus zurückzuführen sind: Ein Metalltröpfchen an der Innenseite konnte angebohrt werden; die blanken Späne ergaben eine *Bleibronze* mit etwas über 20% Blei sowie knapp 4% Zinn und etwas über 5% Zink (Tabelle 2). Die Metallspur, ebenfalls im Tiegelinnern und etwa 15 mm von der Bohrprobe entfernt, ergab demgegenüber einen extrem überhöhten Wert für Zink über 50% und ebenso extreme Tiefstwerte für Blei und Kupfer (Tabelle 1). Diese *grosse Abweichung* vom Metalltröpfchen kann nicht allein auf die korrosiven Prozesse zurückgeführt werden; es scheint sich vielmehr um Spuren eines *Messings* von einem früheren Einsatz desselben Tiegels zu handeln. Dieser durch die kleine Stichprobe zufällig erkannte Befund zeigt, dass die Tiegel *mehrfach gebraucht* und mit *unterschiedlichen Guss speisen* gefüllt sein konnten. Entsprechendes wies Daniela König auch an Tiegeln aus Autun / F nach⁶⁰⁶.

Auch diese Tiegel mit nachweisbarer Legierung der einstigen Guss speisen mit Hilfe von Bohrspänen lassen nur wenige Erkenntnisse über allfällige legierungsspezifische Formen zu (s. oben mit Abb. 86–90).

Fazit: Die Tatsache, dass grosse Metalltröpfchen in einem Tiegel dieselbe Legierung aufweisen (Doppelproben in Tabelle 2), die kleinen «prills» in der Engobe jedoch unterschiedlichste Zusammensetzungen zeigen (Abb. 94), deute ich so: Bei jedem Schmelzprozess können sich kleinste Tröpfchen in der zähflüssigen dünnen Engobe einlagern. Nach dem Erkalten des Tiegels bleiben sie dort – in der Engobe «festgehalten und konserviert». Mehrere Schmelzprozesse mit unterschiedlichen Legierungen

im selben Tiegel führen mit der Zeit zu einem heterogenen «Tröpfchen-Archiv» in der Engobe. Grössere Tropfen vermögen sich jedoch nur als *Zeugen der letzten Schmelze* im Tiegel zu erhalten, denn bei nochmaligem Gebrauch würden sie sich – im Gegensatz zu den in der Engobe dicht eingebetteten «prills» – wieder verflüssigen und mit der jüngsten Charge vermischen.

Fazit zu den Nachweisen von Guss speisen in Tiegeln des «Normaltyps»

Das Spektrum der in den Reguli nachgewiesenen Buntmetalllegierungen (S. 168 f.) ist sehr ähnlich wie jenes in kleinen Gusströpfchen an den Tiegelwänden (oben S. 167 f.). Wir können in den *Tiegeln* von Augusta Raurica demzufolge die Verarbeitung resp. das Erschmelzen von *Zinnbronze*, *Zinn-Bleibronze*, *Messing*, *Zinnmessing*, *Zinn-Bleimessing*, *Silber-(Blei)Bronze*, *Blei*, «*Bleikupfer*» sowie eines *Blei-Silber-Scheidungsproduktes(?)* und in einem Fall wahrscheinlich auch von *Spiegelbronze* nachweisen (Abb. 97).

Was wir bei diesen Zeugnissen der Bronzeverarbeitung in Tiegeln jedoch *vermissen*, sind Reinkupfer und Kupfer mit geringen Beimengungen, die unter den Bronze-Halbfabrikaten und Fehlgüssen aus Augusta Raurica durchaus vorkommen⁶⁰⁷.

Metallnachweise und Funktion der Tiegeldeckel

Einige runde Tonscheiben von 76 bis mindestens 120 mm Durchmesser entpuppten sich als Tiegeldeckel. Sie sind relativ dick (21–23 mm) und meist porös. Durchmesser um die 80 mm herrschen vor (Taf. 29). In den meisten Fällen liessen sich in ihnen auffallend *hohe Zinkkonzentrationen* feststellen, was sie als vermutliche Deckel einer Messing-Zementation zu erkennen gibt (siehe Experimente 6 und 7, S. 210 ff.). Durch signifikante *Unterschiede* im Zinkgehalt auf den beiden Flächen lässt sich in der Regel erkennen, welche Seite den Zinkdämpfen am meisten ausgesetzt war und nach unten auf dem Tiegel lag (s. auch Experiment 7 mit Abb. 136). Die analysierten Stücke können so charakterisiert werden (Taf. 29):

T877 ist ein Deckelfragment mit Ansatz zu einem Knauf; die Unterseite ist flach. Der Ton ist sehr porös und oberflächlich mit einer dünnen, *glasig durchscheinenden* Schlacke überzogen. *Metallspuren* (Tabelle 1): Zn+++, Cu++ (je auf der flachen Unterseite), die Werte von Sn, Pb, Ag, As und Hg sind auf der Unterseite leicht erhöht; Au ist kaum

⁶⁰⁵ Kaufmann-Heinimann / Liebel 1994.

⁶⁰⁶ König / Serneels 2013, 163 (Nachweise von Cu-Zn und Cu-Sn – mit Spuren von Fe und Pb – im selben Tiegel).

⁶⁰⁷ Legierungsnomenklatur und Analysen bei Riederer 1995, Tab. 11–18 bes. Tab. 11 und 12.

Nachweis an:	Reines Kupfer	Kupfer mit geringen Beimengungen	Zinn-bronze	Zinn-Blei-bronze	Reines Messing	Zinn-messing	Zinn-Blei-messing	Blei, Blei-kupfer	Spiegel-bronze	Silberhaltige Legierungen
Metalltröpfchen (Tabelle 2)	–	–	T765*	T41* T194* T214	–	T289**	T276 T547** T548* T564* T873 T874		–	T29* T297
Reguli (Abb. 8; Taf. 3 ff. bes. Taf. 30, unten; Tabellen 1 und 2)	–	–	T202	T53 T896	–	T227 T289	T295 T296 T579 T894 T895	T190 T896 T897	–	T259
Tiegel-Belägen (Auswahl; Tabelle 1)			T278	T10 T41 T202 T232 T564	T550	T194 T528	T20 T258 T275 T465 T546 T547 T548 T873 T874	T27?		T226 T297
Mittels REM-EDS (Abb. 94, nach D. König)	–	T454 (1 prill)	T230 T454	T230 T454	T230 (1 prill)	T230 T454	T230 T454	–	T454(?)	?

Abb. 97: Augusta Raurica. Übersicht der pXRF-Nachweise der Schmelzen resp. Metallspuren in und an Tiegeln und Reguli (Details: Tabellen 1 und 2). *: Tiegel, an denen zwei separate metallische Tröpfchen analysiert werden konnten; **: Tiegel, an denen sowohl ein metallisches Tröpfchen als auch oberflächlich die «Bronzepatina» gemessen werden konnten (s. Text). Nachgewiesene Tiegelformen siehe Abbildungen Abb. 86–90 und 102.

nachweisbar. All diese Elemente sind im Bruch und vor allem auf der Deckeloberseite nicht mehr signifikant erhöht. Vermutlich wurde der Deckel für die *Messing-Zementation* verwendet⁶⁰⁸.

T878 ist ebenfalls ein Deckelfragment mit Ansatz zu einem Knauf; die Unterseite ist flach. Oberseite blasig verschlackt und grau. *Deckelkeramik* (Tabelle 1): Tongruppe 2 oder allenfalls 3? (3 Messungen). *Metallspuren* (Tabelle 1): Zn++ (2 Messungen), die Werte von Cu, Sn und Pb sind erhöht; Ag, Au und Hg kaum nachweisbar. Die höchsten Zinkwerte finden sich auf der flachen Unterseite (wie auch bei **T877**), fast so hohe im Bruch und die niedrigsten auf der Oberfläche mit Knaufansatz. Vermutlich wurde der Deckel für die *Messing-Zementation* verwendet.

T879 ist ebenfalls ein Deckelfragment mit einer flach-konkaven und einer konvexen Seite. Oberflächlich ringsum dünne, glasig durchscheinende Schlacke. *Metallspuren* (Tabelle 1): Zn+ (2 Messungen), Hg; leicht erhöhte Werte für Pb. Die höchsten Zinkwerte finden sich erstaunlicherweise im Bruch. Auf der gewölbten Seite sind sie höher als auf der flachen. Vermutlich wurde der Deckel für die *Messing-Zementation* verwendet.

Der Tiegeldeckel **T880** bildet eine flache Scheibe aus hellgrau-beigem Ton, im Bruch dunkelgrau, sehr leicht und porös (Abb. 128). *Deckelkeramik* (Tabelle 1): wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). *Metallspuren* (Tabelle 1): Auf der flachen Unterseite signifikante, aber nicht extreme Zinkkonzentration (2 Messungen), auf der leicht konkaven Oberseite und im Bruch in viel geringeren Spuren; andere

Buntmetalle nicht auffällig. Vermutlich wurde der Deckel für die *Messing-Zementation* verwendet.

T881 ist ein Tiegeldeckel (in 2 Fragmenten), flach, ausen hellgrau-beige, im Bruch dunkelgrau und sehr porös (Abb. 128). *Deckelkeramik* (Tabelle 1): wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). *Metallspuren* (Tabelle 1): Auf der leicht konkaven Unterseite signifikante, aber nicht extreme Zinkkonzentration, auf der flachen Oberseite in geringeren Spuren und im Bruch (2 Messungen) nur wenig erhöht. Dasselbe gilt in geringerem Mass für Cu; andere Buntmetalle sind nicht auffällig. Vermutlich wurde der Deckel für die *Messing-Zementation* verwendet.

T882 ist ein Tiegeldeckel-RS mit grossem Durchmesser (ca. 120–160 mm), obere Seite grünlichgrau glasiert. *Deckelkeramik* (Tabelle 1): wahrscheinlich Tongruppe 2 (2 Messungen). *Metallspuren* (Tabelle 1): Zn+. Wie schon bei **T879** sind diese Werte auf der gewölbten Seite höher als auf der flachen. Derselbe Trend «unten>oben» zeigt sich auch

⁶⁰⁸ Einige der Deckelscheiben wurden wegen ihrer Porosität und sehr dunklen Farbe im Bruch vom Autor ursprünglich als *Knochenasche-Kupellen* interpretiert. Verbrannte Knochen enthalten hohe Kalzium-, Phosphor-, Kalium- und Schwefelanteile (s. Tabellen 7 und 5, Exp. 12). Nach der Feststellung, dass diese vier Elemente in den betreffenden Objekten nicht signifikant erhöht sind (Tabelle 1, **T877–T883**), musste diese These verworfen werden. Die Interpretation als Tiegeldeckel aufgrund der hohen Zinkgehalte verdanke ich Markus Helfert.

bei Cu, Sn, Pb und As. Vermutlich wurde der Deckel für die *Messing-Zementation* verwendet.

T883 ist ein «ad-hoc-Deckel», hergestellt aus einem ursprünglich etwa 12x12 cm messenden Stück aus der wenig gerundeten Wand einer grossen Kugelamphore. Erhalten ist nur ein Viertel davon, wobei die primären Brüche sich deutlich von den sekundären unterscheiden. «Unten», auf der konvexen Amphoren-Aussenseite, ist die Oberfläche dunkelgrau versintert mit einem ein viertelkreisförmigem, glasurentigen Belag (anthrazit-dunkelgrün; Abb. 6). *Metallspuren* (Tabelle 1): Auf der Glasur und im Vergleich zur konkaven, nicht versinterten «Deckel»-Oberseite finden sich deutlich erhöhte Anteile von Cu, Zn und Ag (sowie Cl), in geringerem Ausmass auch von Sn, Pb und As. Der Scherben muss als *Deckel auf einem normalen Schmelztiegel* gelegen haben, in dem eine typische römische Mischbronze – mit deutlichem Silberanteil – erschmolzen wurde. Dank des glasurenähnlichen, auf die runde Tiegelöffnung begrenzten Niederschlags der Schmelzgase gibt sich das Fragment überhaupt in seiner sekundären Verwendung zu erkennen!

Die vermutlichen Tiegeldeckelfragmente **T875** und **T876** sind nicht analysiert worden.

Metallnachweise und Funktion der schälchenförmigen Tiegel

Die kleinen handgemachten Schälchentiegel (Taf. 27) variieren in ihrer Form und Wanddicke, so dass man den Eindruck hat, sie seien sehr individuell und situativ geformt worden. Dies scheinen auch die Analysen zu bestätigen: Die meisten Schälchentiegel sind gebraucht; ihre Keramik ist dunkel und die Oberflächen sehr fleckig. Entsprechend *unterschiedlich* sind auch die Gehalte der an der Scherbenoberfläche nachweisbaren Metalle.

T865 ist ein intaktes zylindrisches, leicht konisches *Näpfchen*, handgemacht mit grob abgestrichenem Rand und flachem Boden. Es besteht aus schwarzem Ton ohne spürbare Magerung, und sein Rand ist oben unregelmässig (evtl. alt abgebrochen und sekundär weiterbenutzt). Innen weisse Kruste. *Tiegelkeramik* (Tabelle 1): wahrscheinlich Tongruppe 3. *Metallspuren* (Tabelle 1): kaum Cu (am meisten oben auf dem Rand), schwach erhöhte Werte für Zn, keine erhöhten Anteile von Sn, Pb, Ag, Au und Hg. Auf der hellen Kruste im Innern viel weniger SiO₂ als in der Keramik (offenbar erhöhte organische Anteile). Eine Verwendung des Näpfchens in einem metallurgischen Prozess ist folglich *nicht* nachweisbar.

T866 würde man am ehesten als «*Experimentierscherben*» bezeichnen, denn es handelt sich um einen Tiegelscherben, der sekundär als Näpfchen verwendet worden ist. Charakteristisch ist eine grossflächige grünliche bis braune Glasur, die *über alle Bruchkanten geflossen* ist (Abb. 98; Taf. 27, **T866**). In der Vertiefung des Scherbens sitzt ein dunkel-grüngrauer Bodensatz. *Metallspuren* (Tabelle 1): Finden sich in der Glasur innen und aussen, aber

nicht im Tiegelscherben: Cu+ (3 Messungen), Pb++ (3 Messungen), Ag, As+ (3 Messungen) sowie geringfügig erhöhte Anteile von Sn, aber kein Zn, Au und Hg. Relativ viel S und Cl. Metallurgischer Befund *positiv*, jedoch schwer zu deuten (Scheide- oder Treibprozess auf Silber wie bei **T869**?). Das Arsen könnte als Flussmittel bewusst zugesetzt worden sein, wobei unklar bleibt, aus welcher Quelle es stammen könnte⁶⁰⁹.

T867 ist ein flaches, handgemachtes Näpfchen mit einfach-verrundetem Steilrand und leicht gewölbter Bodenunterseite. Es hat innen und aussen einen grauen, glasurenähnlichen, aber blasigen Überzug, der im Bruch kontinuierlich in den Kern übergeht (Abb. 52). *Metallspuren* (Tabelle 1): Innen am verschlackten Boden und im Bruch relativ viel Eisen (was vom Ton zu stammen scheint) und deutliche Spuren von Ag, Au+ (2 Messungen) und Hg. Das Stück ist demzufolge in der *Edelmetallverarbeitung* verwendet worden, möglicherweise in einem Amalgamierungsprozess.

T868 ist ein Schälchen mit dickem Boden und einfach verrundetem Rand. Weicher, dunkelgrauer Ton, handgemacht, mit wenigen weissen Magerungskörnchen. *Tiegelkeramik* (Tabelle 1): wahrscheinlich Tongruppe 2 (2 Messungen). *Metallspuren* (Tabelle 1): etwas Pb; nicht relevant: Cu, Sn, Zn, Ag, As. In dem Schälchen könnte einzig ein kleines Quantum *Blei* geschmolzen worden sein, obschon auch hierfür der gemessene Wert relativ klein ist.

T869 ist ein Näpfchen mit spitz ausdünnendem Schrägrand. Bodenform und Durchmesser nicht bestimmbar. Auf allen Oberflächen dünner, gefleckter Überzug (hellgrau, grünlich, ockerbraun), über den Rand hinweglaufend, innen glasig glänzend und aussen matt. *Metallspuren* (Tabelle 1): Pb+++ (innen am Rand, 2 Messungen), Ag, As++ (2 Messungen), Cd+. Nur leicht erhöhte Spuren von Cu und Sn, kaum Zn. Entsprechende und noch höhere *Arsengehalte* zeigen auch die Oberflächen einiger Normaltiegel (Abb. 93), die dann immer auch extrem hohe Bleigehalte aufweisen. Dies zeigt eine Abhängigkeit von Blei und Arsen. Möglicherweise Tiegelchen von einem kleinmassstäblichen Scheide- oder Treibprozess auf *Silber*.

T870 ist ein Napf resp. Schälchen mit einfachem Schrägrand. Der Ton ist grau, schichtig aufgebaut (handgemacht!), grob gemagert und im Bruch schwarz verbrannt. Innen kohlige schwarze Flecken. *Metallspuren* (Tabelle 1): Oberfläche innen (Messung 1983_25935_a): keine signifikant erhöhten Anteile von Metallen; zweite Messung (1983_25935_b): MgO. Der fehlende Nachweis von Buntmetallen lässt vermuten, dass das Stück noch *ungebraucht* ist, denn es ist zwar dunkelgrau gebrannt, weist aber (noch) keine Schlacken auf. Magnesium könnte theoretisch – z. B. als hochschmelzendes Magnesit – auch als Zuschlagstoff für Keramik zur Erhöhung der Feuerfestigkeit zuge-

609 Diesen Hinweis verdanke ich dem Metallurgen Urs Werner.

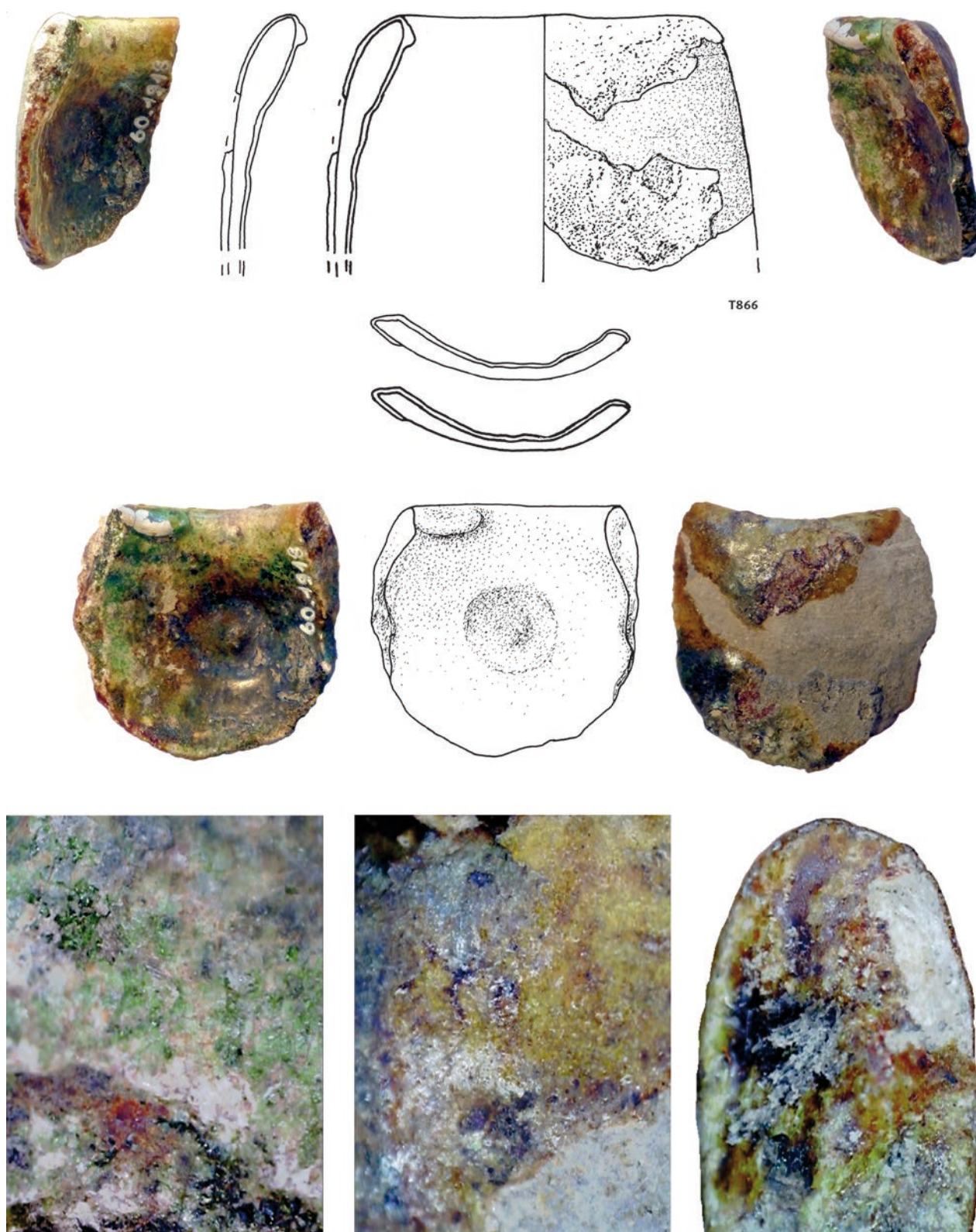


Abb. 98: Augusta Raurica. «Probierscherben» **T866**. Das kleine Randstück eines mittelgrossen Tiegels vom «Normaltyp» (oben, ehem. Randdurchmesser 60 mm) wurde sekundär – als Fragment – als Schälchentiegelchen benutzt (Mitte). Dies zeigt deutlich eine glasige, grünliche bis braune Glasur, die sogar über alle Bruchkanten auf die Aussenseite geflossen ist (Mitte). Im Innern ist die Glasur am tiefsten Punkt als Bodensatz zusammengeflossen. Auf der Oberfläche konnte Cu+, Pb++, Ag und As+ nachgewiesen werden. Das Stück stammt aus einer Bronzegiesserei in der Insula 30, vergesellschaftet mit Keramik von ca. 150 bis ca. 230 n. Chr. M. 1:1 (Mikroskop-Ausschnitte unten M. 10:1).

setzt sein, was aufgrund entfernter Vorkommen aber wenig wahrscheinlich ist⁶¹⁰.

Beim frühmittelalterlichen Stück **T872** handelt es sich um einen groben, dickwandigen Schalentiegel. Er ist handgemacht aus sehr stark mit Quarz und Feldspat(?) gemagertem Ton, innen und aussen überzogen mit einer hellgrauen, dünnen Schicht, die stellenweise aber fehlt. Keine Brand- oder Verschlackungsspuren. *Tiegelkeramik* (Tabelle 1): Tongruppe 3 (Abb. 68; 2 Messungen). *Metallspuren* (Tabelle 1): Keine Metalnachweise einer Gusspeise auf der Tiegeloberfläche. Das Stück ist *ungebraucht* oder es diente womöglich einem anderen als einem metallurgischen Prozess.

Wie schon eingangs festgestellt, sind die schälchenförmigen Tiegel **T867–T871** aus Augusta Raurica formal uneinheitlich (Taf. 27) und weisen ganz unterschiedliche Kombinationen von Metallspuren auf; wenige von ihnen scheinen noch ungebraucht zu sein. Von einem einheitlichen Typus mit vorgegebener metallurgischer Zweckbestimmung kann keine Rede sein.

In zwei Fällen sind erhöhte Blei- und Silberanteile festzustellen. Analog zu einigen Schälchentiegeln aus Caerleon/GB darf hier von «heating trays» ausgegangen werden, in denen Probier- oder Scheidungsprozesse zur Anreicherung von Silber durchgeführt wurden⁶¹¹. Der Nachweis auch von Gold in einigen Schälchentiegeln macht eine Verwendung als Kupellen für Edelmetalle noch wahrscheinlicher.

Auswärtige Untersuchungen an Gusspeiseresten

In zahlreichen Publikationen zu römischen Schmelztiegeln finden sich archäometrische Bestimmungen der Metallreste aus dem Tiegelninnern, sei es in Form von Bronze- resten, grünen und andersfarbigen Flecken, Krusten, Schlacken, Metalltröpfchen oder mikroskopisch kleinen Einschlüssen im Tiegelmateri- al. Die Untersuchungsmethoden sind aber zu unterschiedlich, und die erwähnten Hinweise basieren auf jeweils zu wenigen Objekten vom selben Fundort, weshalb auf eine systematische Zusammenstellung der Angaben verzichtet wurde. Relationen zum Beispiel zwischen Legierungen und Tiegelgrößen oder Tiegelformen lassen sich auf dieser kleinen Materialbasis kaum belegen.

Nur zwei Fälle seien näher dargestellt:

Abhängigkeit Tiegel-Legierung im normannischen London

Eine Ausnahme bilden die Funde aus dem angelsächsisch-normannischen London. Dort konnte eine gewisse *Abhängigkeit zwischen Tiegelgröße und den darin aufgeschmolzenen Legierungen* erkannt werden: Die im Durchmesser 70 bis 150 mm messenden Tiegel variieren mit sehr unterschiedlichen Wandstärken von 3 bis 10 mm. «There is some correlation between sherd thickness and the composition of the alloy melted in the vessel; leaded alloys were melted in

medium or large vessels while unleaded alloys were found on small or medium crucibles. This makes sense as leaded alloys were used for relatively massive castings where the lack of strength of the metal was not important. Wrought metalwork and smaller castings tend to be made of unleaded alloys as they have the necessary physical properties.»

Depots aus römischen Tiegeln von Blicqui / B

Drei Bodensätze aus Schmelztiegeln der Bronzegusswerkstätte von Blicqui/B wurden von M. R. Sneyers vom «Institut Royal du Patrimoine Artistique» (I. R. P. A.) in Brüssel/B untersucht. Beim grössten Inhalt war auch der keramische Tiegelboden erhalten. Die Metallreste ergaben *Zinnbronze* (einmal ohne und einmal mit etwas Zink) und eine *Zinnblei-Legierung*. Letztere wurde als Lotmasse interpretiert.

Die ebenfalls an den Tiegeln von Blicqui beobachteten kleinsten *Holzkohlepartikel* interpretiert der Bearbeiter als Oxidationsschutz beim Einschmelzen von Altmetall⁶¹³. Er schreibt zu seinen Untersuchungen⁶¹⁴:

«Le creuset en terre a été examiné sur une coupe transversale de la paroi. Le bord intérieur du creuset présente une très mince couche de vitrification à base de cuivre, tandis que le bord extérieur montre une vitrification en profondeur du creuset lui-même porté à haute température. Dans le fond du creuset un culot s'y adaptant est formée de matière terreuse dans laquelle sont emprisonnés des fragments métalliques d'une «chemise» en *alliage de cuivre* et d'une lamelle en *alliage de cuivre* d'environ 25 × 3,5 × 0,5 mm. Un examen métallographique de la lamelle décèle que le métal est très sain, qu'il porte une structure de métal écroui partiellement recuit et qu'une patine vitrifiée translucide verte c'est formée tout autour du métal en surface avec pénétration suivant les lignes d'écrouissage.

Le petit culot b a été analysé par méthode microchimique. Il est constitué d'un *alliage d'étain et de plomb*; il ne contient que très peu de cuivre et pas de zinc. Cette masse est entourée d'une espèce de chemise métallique. L'examen métallographique de la «chemise» montre un métal sain au centre, légèrement corrodé en surface, mais ici comme au culot de la pièce précédente, la patine forme une matière vitrifiée qui a protégé le métal. Les petites inclusions peu nombreuses sont aplaties. La structure métallographique après attaque dénote un *métal écroui qui présente une orientation de cristallisation secondaire*, ce qui signifie que cette chemise a été placée intentionnellement au fond du creuset et qu'elle ne s'est pas formée par fusion volontaire ou pas.

Le petit culot c a été analysé par microchimie. Il a la composition d'un bronze, *alliage cuivre-étain*, contenant un peu de zinc. L'extérieur du cône porte des traces de *fragments de charbon de bois*.

610 MgO = 5% (eine Messstelle; Tabelle 1). Magnesit kommt z. B. im heutigen Österreich oder in Ostdeutschland vor (freundlicher Hinweis Urs Werner). Unter den von uns untersuchten Tonen sind diejenigen aus Frick/AG-Gruhalde, Basel/BS-Hechtliacker und Buus/BL-Winterhalde am magnesiumreichsten (mit 5,2–18,6% MgO; Tabelle 3, Tone 085–097, 133–136 und 124–127).

611 Zienkiewicz 1993, 124 Abb. 46,5–9 (Abb. 46,6.8.9 = hier Abb. 26,7–9).

612 Bayley u. a. 1991, 404.

613 Zu den möglichen Abdeckmitteln über der Metallschmelze zur Verhinderung von Oxidation siehe S. 28 und 109).

614 In Amand 1975, 26 Abb. 10.

Il semble donc d'après l'examen des matériaux a et du culot c qu'il s'agisse bien d'ustensiles d'un fondeur de bronze et que le métal employé était du *métal de récupération*. On peut admettre que *pour éviter l'oxydation* lors de la fusion du métal de réemploi *on y ajoutait du charbon de bois en très petits fragments*. Le petit culot b a la composition d'un métal de *soudure*, il était vraisemblablement chauffé dans un creuset en terre doublé d'une chemise de bronze pour éviter que la matière en fusion ne pénétre dans les pores du creuset.»

Weitere archäometrische Untersuchungen an Tiegeln verschiedener Fundorte mit Rückschlüssen auf die Gussweisen sind oben auf S. 72–7 aufgeführt.

Unterschiedliche Schwefelkonzentrationen

Es fällt auf, dass in den analysierten Rohtonen (Referenzmaterialien; Abb. 74 und Tabelle 3) mässig grosse Spuren von Schwefel natürlich vorkommen (Ø 1348 ppm S). Werden diese Tone auf 1020 °C gebrannt, so steigt der Schwefelanteil überraschend an (auf Ø 4326 ppm S). Werden die Tone weiter erhitzt, verschwindet bei 1250 °C der Schwefel auf ein tieferes Niveau (Ø 565 ppm S), als oberflächlich am Rohton zu messen war.

Fazit 1: Die Tone scheinen ihren natürlichen Schwefelanteil bis zu einer gewissen Temperatur an ihre Oberfläche «herauszuschwitzen» und bei weiterer Erhitzung durch Abdampfen grösstenteils zu verlieren. Dies gilt es zu berücksichtigen, wenn die durch metallurgische Prozesse erfolgten Schwefeleinträge in der Tiegelkeramik beurteilt werden sollen.

Die Schwefelgehalte an den Originaltiegeln und Deckeln von Augusta Raurica variieren sehr stark (Tabelle 1). Sortiert man sie nach verschiedenen Kategorien und Analysestellen, so ergeben sich folgende, sich signifikant unterscheidende Durchschnittswerte für Schwefel:

- Tiegel, Messungen am Bruch (n = 78):
Ø 2293 ppm S
- Tiegel, Oberflächenmessungen, meist innen (n = 239):
Ø 14 190 ppm S
- Tiegeldeckel, Oberflächen und Brüche (n = 20):
Ø 2119 ppm S
- *Lutum*, Oberflächen und Brüche (n = 75):
Ø 4339 ppm S

Fazit 2: Für stark erhöhte Schwefelkonzentrationen in gebrauchten Tiegeln kann nicht mehr der oberflächlich angereicherte Schwefel aus der Tiegelkeramik verantwortlich gemacht werden, da die Tiegel in den metallurgischen Prozessen meist auf über 1100 °C erhitzt wurden (s. oben). Die *Schmelzvorgänge* selbst haben demzufolge zu diesen auffallend hohen Konzentrationen des Schwefels geführt. Er findet sich vor allem auf den Belägen im Tiegelninnern. Die in der Tiegelkeramik, an den Deckeln und im *Lutum* nachweisbaren Schwefelkonzentrationen hingegen sind vom Metallschmelzprozess nur wenig beeinträchtigt, denn sie

liegen mit 2119–4339 ppm S im Bereich der natürlichen Schwefelgehalte (1348 resp. 4326 ppm S; s. oben).

Unsere *Experimente* erlauben es, *in Kenntnis* der experimentierten Prozesse die Schwefelgehalte in den betreffenden Tiegeln zu beurteilen. An diesen Tiegeln wurden, getrennt nach Prozessart, folgende Schwefelgehalte ermittelt (Mittelwerte aus Tabelle 5):

- Experiment 4, *Lutum*-Rekonstruktionen (n = 29):
Ø 333 ppm S
- Experiment 8 und 9, Messingschmelzen (n = 14):
Ø 596 ppm S
- Experiment 7, Messing-Zementation (n = 16 [ohne *Lutum*]):
Ø 7470 ppm S
- Experimente 11 und 12, Blei-«Glasur» mit Bleiglanz (n = 13):
Ø 21 724 ppm S

Die hohen Schwefelgehalte in Tiegeln des Experiments 11 sind naheliegenderweise auf Bleiglanz zurückzuführen.

In den Zementationstiegeln von Experiment 7 wurden ebenfalls erhöhte Schwefelanteile gefunden. Mit dem Wiesloch-Galmei mit durchschnittlich 1132 ppm S (Tabelle 5; s. Anm. 697) wurde jedoch nur wenig Schwefel in die Tiegelchargen eingebracht. Ebenfalls relativ wenig Schwefel dürfte in der reichlich eingebrachten Holzkohle (mit Ø 1650 ppm S) in die Tiegel gelangt sein. Die allmählich daraus entstandene Asche muss bloss um die Ø 1450 ppm S enthalten haben (Tabelle 5).

Fazit 3: Unter den möglichen metallurgischen Prozessen führt das blosse Erschmelzen von Kupferlegierungen zu keiner wesentlichen Veränderung des im Tiegelton natürlich vorkommenden, von der Bandtemperatur aber stark abhängigen Schwefelanteils. Die Messing-Zementation erhöht den Schwefelniederschlag in den Tiegeln aber beträchtlich (Ø 7470 ppm S). Die sehr hohen Schwefelkonzentrationen im Innern der römischen Originaltiegel (Ø 14 190 ppm S) sind jedoch durch die Experimente *nicht* erklärbar⁶¹⁵.

615 Eine ganz andere Erklärung geben Macháček u. a. 2007, 181: «Die hohen Schwefelkonzentrationen an der Tiegelwand können vielleicht mit den Korrosionsprozessen während der langen Deponierung im Boden in Zusammenhang gebracht werden.» Angesichts der geringen Schwefelgehalte in den römerzeitlichen Kulturschichten von Augusta Raurica (0,2–4% SO₂; Gruber u. a. 2011, Tab. 1–5) scheint auch die nachträgliche Einlagerung im Sediment nicht der Grund für erhöhte Schwefelwerte in den Tiegeln zu sein. Nach Macháček u. a. müssten in diesem Fall auch alle anderen Keramikobjekte stark schwefelhaltig sein.

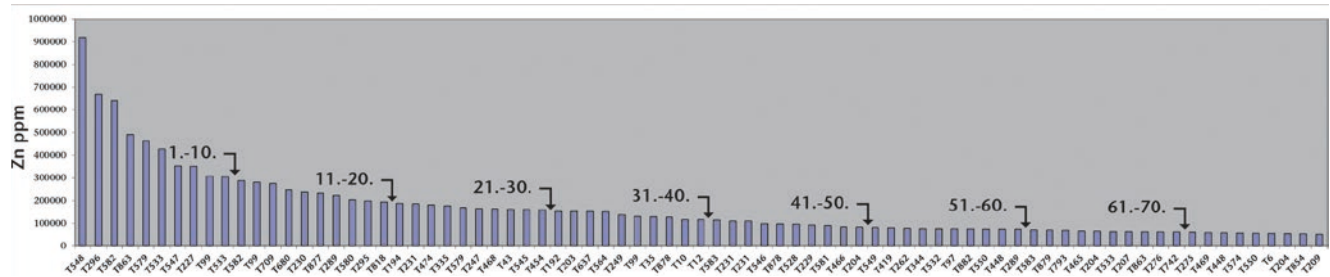


Abb. 99: Augusta Raurica. Die höchsten gemessenen Zinkgehalte in der Tiegelkeramik (nur Messungen an den Bruchkanten). Siehe auch Abb. 102; Grundlagen in Tabelle 1.

Spuren der Messing-Zementation mit Zinkerz

Erhöhte Zinkkonzentrationen in Schmelztiegeln

Wegen der besonderen Zementations-Technologie⁶¹⁶ und der damit verursachten Zinkspuren in den Tiegeln werden die Zinkgehalte in den analysierten Tiegeln von Augusta Raurica hier separat behandelt (vgl. die anderen Metalle oben mit Abb. 86–93).

Die höchsten Zinkkonzentrationen, die in der Tiegelkeramik – an frischen Brüchen – gemessen werden konnten, sind in Abbildung 99 dargestellt und auf Abbildung 101 kartiert (Messwerte s. Tabelle 1). Sie zeigen das altbekannte Phänomen, dass Zinkdämpfe sich in zum Teil hohen Konzentrationen selbst in dichter Keramik niederschlagen können⁶¹⁷. Während Werte >1% Zn nur vereinzelt festzustellen sind, ist die Zahl der Tiegel mit 0,05–1,0% Zn erstaunlich hoch, wenn man bedenkt, dass in den Tiegeltonen ohne metallurgische Überprägung nur gerade bis etwa 50 ppm Zn natürlich vorkommen (Tabelle 1, insbes. **T124–T187**: Händlerdepot von 1970 aus Insula 29)!

Zinkspuren lassen sich am konzentriertesten auf den Tiegelfinnenflächen nachweisen, aber auch – in tendenziell abnehmender Konzentration – im Bruch, an der äusseren Tiegelwand und bisweilen sogar auf dem *Lutum*. Diese vollständige, aber nach aussen abnehmende Durchdringung mit Zink konnte an zwei Zementationstiegeln aus Lyon/F exemplarisch nachgewiesen werden⁶¹⁸.

Belege für Messingschmelze oder Messing-Zementation?

Maurice Picon u. a. konnten feststellen, dass Zink in *ungebrauchten* Zementationstiegeln aus Lyon/F mit durchschnittlich nur 677 ppm nachweisbar ist, an den Aussen-seiten gebrauchter Zementationstiegel jedoch mit durchschnittlich 5860 ppm Zn. Im Tiegelfinnen fanden sich sogar Konzentrationen von bis zu 20% Zink⁶¹⁹. Diese hohen Zn-Werte sind durchaus mit unseren Messungen an den Originalfunden aus Augusta Raurica (Abb. 99) und mit jenen an unseren Experimentier-Zementationstiegeln vergleichbar (Experiment 7, Abb. 129).

Zink-Kontaminationsgrenzwerte bei einer Messing-Zementation

Unsere Experimente haben ergeben, dass relativ hohe Zinkkontaminationen sowohl bei der Messing-Zementation als auch beim blossen Schmelzen von Messing in die Tiegelkeramik gelangen können. Die *Unterschiede sind jedoch beträchtlich* und direkt abhängig vom metallurgischen Prozess! An den Experimentiertiegeln, die aus denselben Tonen gefertigt waren wie die römischen Originale, wurden folgende Zinkkonzentrationen gemessen (s. unten, Experimente 7–9, mit Abb. 129 und 146):

Schmelze von Messing (Ms5 / Ms20):	in Tiegeln Ø	500–10 000 ppm Zn
		(extreme Einzelwerte: 180 ... 29 892 ppm Zn)
Zementation von Messing:	in Tiegeln Ø	47 000–65 200 ppm Zn (ohne <i>Lutum</i>)
		(extreme Einzelwerte: 850 ... 135 300 ppm Zn)
	in Deckeln Ø	2100–23 000 ppm Zn
		(extreme Einzelwerte: 970 ... 41 750 ppm Zn)

Oder mit anderen Worten (Abb. 100): Die Tiegel- und Deckelkeramik weist nach einer *Zementation* in der Regel *deutlich über 10 000 ppm Zink* auf, während die Tiegel nach einer normalen, kurzen Messingschmelze immerhin 500–10 000 ppm Zink aufgenommen haben (ausser auf dem *Lutum* in der Regel weniger). Dies ist immer noch deutlich mehr als die (Tiegel-)Tone von Natur aus enthalten, nämlich im Durchschnitt bloss 98 ppm Zink (Tabelle 3).

⁶¹⁶ Ullwer 2001.

⁶¹⁷ Zum Beispiel Picon 2007, 10.

⁶¹⁸ Desbat u. a. 2000, Abb. 3.

⁶¹⁹ Picon u. a. 1995, 212 mit Tabelle. – Ähnliche Ergebnisse erbrachten die Analysen von vier Zementationstiegeln aus Javols/F: im geringsten Fall (creuset 32) 1500 ppm Zn aussen, 2500 ppm Zn im Bruch und 5300 ppm Zn innen, im extremsten Fall (creuset 183) 3600/300 000/3 600 000 ppm von aussen nach innen (Rabeisen u. a. 2010, 351 Tab. 4). – An Qing-zeitlichen Kondensationstiegeln zur Zinkgewinnung aus Dafengmen/China (17.–20. Jh.) wurden im unteren Erzbereich vergleichbare 5,3–29,4% Zn in der Tiegelkeramik gemessen, im oberen *Kondenserbereich* sogar 52,5–55,5% Zn (Zhou u. a. 2014, 280 f. Tab. 2 und 3).

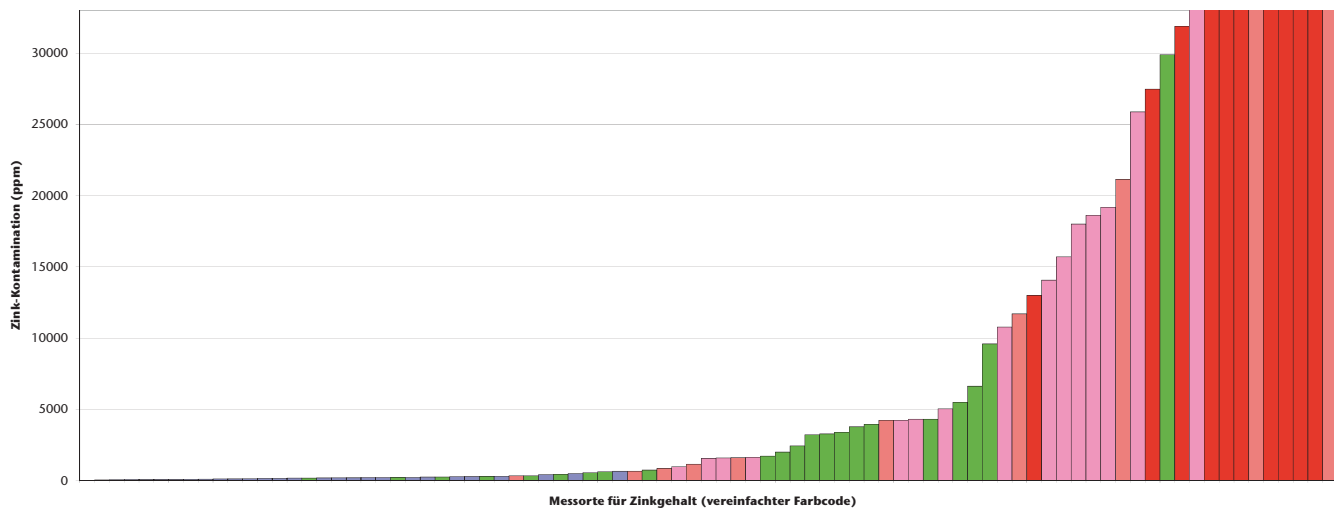


Abb. 100: Natürliche und durch metallurgische Prozesse erreichte Zinkkonzentrationen in:

- den für die Tiegel aus Augusta Raurica nachgewiesenen Tonen aus Kaiseraugst/AG-Zelglihof (TON 060–064) und Châtelat/BE, Stelle E (TON 359–370; nach Tabelle 3) = Blaue Balken
- Experimentiertiegeln mit Messingschmelze (Experimente 8 und 9; nach Tabelle 5) = grüne Balken
- Experimentiertiegeln mit Messing-Zementation (Experiment 7; nach Tabelle 5) = rötliche Balken (intensivrot = Tiegelinneres und Schnitte; blassrot = Tiegel-aussenseiten und Lutumoberflächen; lila = Zementationsdeckel).

Jeder Balken entspricht einer Analyse. Die drei Gruppen zeigen eine klare Staffelung der Zinkkontamination, beginnend bei wenigen ppm Zn in natürlichen Tonen, ansteigend auf Werte um 5000 ppm Zn in Messingschmelztiegeln und kulminierend auf über 30 000 ppm Zn in Zementationstiegeln (Balken über 33 000 ppm [bis max. 135 289 ppm] ausgeblendet. Die Zementationsdeckel (lila) liegen mit ihren Innenseiten nahe bei der Tiegelkeramik und mit den prozessabgewandten Aussenseiten im Bereich der Messingschmelztiegel.

Die Messingherstellung in Augusta Raurica

Zur Interpretation der Originalfunde ist es ein Glücksfall, dass sich die Zinkkonzentrationen in natürlichen Tonen, in Messingschmelztiegeln und in Zementationstiegeln kaum überlappen, sondern ziemlich eindeutige Zuweisungen erlauben (Abb. 100). Als *Fazit* dürfen wir die Experimente und Analysen so interpretieren, dass die analysierten Originaltiegel aus Augusta Raurica mit *Zinkwerten von über 50 000 ppm* in der Keramikmatrix resp. in den Benutzungsspuren *sicher von Zementationsprozessen* stammen, denn die normalen Messingschmelztiegel der Experimente 8 und 9 haben zu deutlich tieferen Zinkanreicherungen geführt. Von den 201 römischen Tiegeln, die wir analysiert haben, weisen 64 mindestens an einer Analysestelle Zinkwerte von über 50 000 ppm auf (Tabelle 1). Würde man diese analysierte Teilmenge auf den Gesamtbestand extrapolieren, müsste man bei 31,8% der Augster Tiegelfunde davon ausgehen, dass sie einem Zementationsprozess zur Messinggewinnung ausgesetzt gewesen sind⁶²⁰.

Wir bilden im Folgenden die zwei Dutzend Stücke mit den allerhöchsten Zinkwerten (>160 000 ppm Zn) in Abbildung 102 nochmals ab. Es sind dies die Tiegel **T43.T99.T194.T227.T230.T231.T247.T289.T295.T296.T335.T468.T474.T533.T545.T547.T548.T579.T580.T582.T680.T709.T818.T863** und **T877**⁶²¹.

Sämtliche Belege für Zementationstiegel resp. die Messingherstellung, d. h. die 79 zinkreichsten Tiegel mit über > 50 000 ppm Zn, zeigt Abbildung 99 schematisch bezüglich Zinkgehalt. Auf Abbildung 101 sind dieselben Stücke im römischen Stadtareal kartiert. Ihr Verbreitungsbild un-

terscheidet sich kaum von jenem der Tiegelgesamtmenge (Abb. 30)! Die mit Abstand höchste Konzentration von Zementationstiegeln findet sich in Insula 31, gefolgt von Insula 50 (Abb. 101). Demzufolge waren nicht eigene, hochspezialisierte Betriebe für die Messingfabrikation zuständig, sondern das Zementationsverfahren mit Kupfer und Galmei (Zinkerz) wurde offensichtlich von den «gewöhnlichen Bronzegießern» beherrscht und betrieben.

Charakterisierung der Zementationstiegel

Bei einem Zementationsprozess zur Gewinnung von Messing aus Kupfer und Zinkerz müsste man aus Effizienzgründen eigentlich von grossen Tiegeln ausgehen. Das ist bei den Exemplaren aus Lyon/F und Autun/F tatsächlich der Fall, wo die ei- bis kegelförmigen Zementationstiegel 500–600 mm hoch sind (Abb. 29,11)⁶²². Andere Beispiele aus Xanten/D und Colchester/GB zeigen jedoch, dass in römischer Zeit Messing auch sehr kleinmasstäblich in näpf-

620 Die Anregung, den Anteil der vermuteten Zementationstiegel am Gesamtmaterial von Augusta Raurica zu ermitteln, verdanke ich Kathrin Schächli (Kantonsarchäologie Zürich).

621 Nicht abgebildet sind **T547.T99.T709.T680.T289.T818.T231.T335** und **T545**.

622 *Lyon*: Picon u.a. 1995, Abb. 5–7; 8; Picon 2007, 10; *Autun*: Chardon-Picault/Picon 1997, Abb. 2, 8, 10; König/Serneels 2013. – Neuzeitliche Messing-Zementationstiegel im 19. Jahrhundert waren 300–325 mm hoch und fassten rund 40–65 kg Messing (Percy/Knapp 1862, 573).

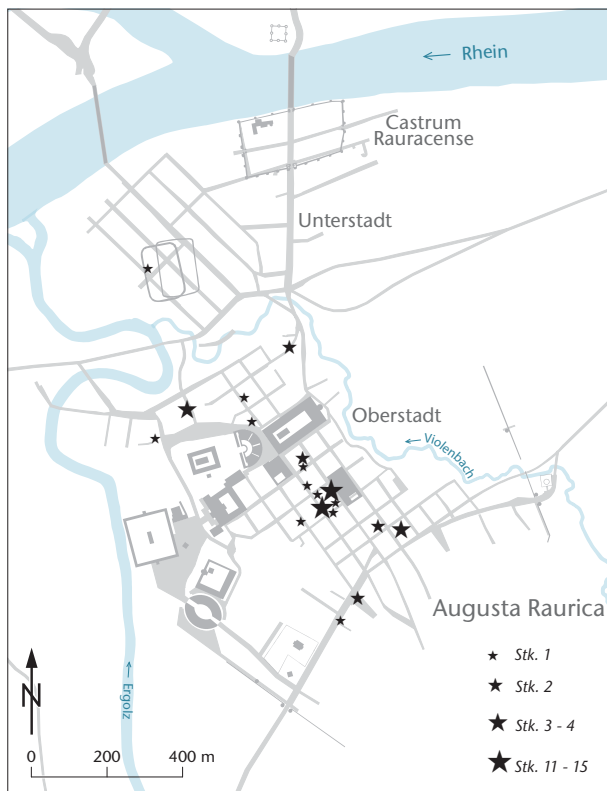


Abb. 101: Augusta Raurica. Kartierung der Schmelztiegel mit den höchsten Anteilen von Zink an den Gebrauchskrusten resp. in der Tiegelkeramik ($> 50\,000$ ppm Zn). Dieser Grenzwert von $50\,000$ ppm Zn scheidet aufgrund unserer Experimente 7–9 die Tiegel, in denen bloss Messing geschmolzen wurde, von jenen, in denen Messing hergestellt (zementiert) wurde. Die Karte zeigt demzufolge die Verbreitung der Messing produzierenden Werkstätten. M. 1:20\,000.

chenförmigen Tiegelchen zementiert worden ist (Tiegelhöhen um 25–40 mm; Abb. 29,10)⁶²³.

Die Tiegel von Augusta Raurica mit den höchsten Zinkkonzentrationen umfassen sowohl *sehr grosse als auch einige kleine* (**T227.T194.T247.T295.T43**) Exemplare (Abb. 102) sowie einen Deckel (**T877**). Mit einem etwas tieferen Zn-Schwellenwert als $160\,000$ ppm wäre das Grössen- und Formenspektrum (Flachböden!) noch breiter, und auch weitere Deckel enthalten auffallend viel Zink (s. Tabelle 1 und Tiegelkatalog).

Von den hier zusammengestellten 25 zinkreichsten Tiegeln sind elf auch auf ihre Keramikzusammensetzung analysiert worden. In sieben Fällen bestehen sie aus Tongruppe 1 (Jura bei Châtelat/BE: **T548.T579.T230.T289.T818.T231.T247**). In vier Fällen sind sie mit lokalem Material von Kaiseraugst/AG-Zelglihof (**T582.T863.T474.T335**) getöpft und können bisweilen mit einem kleinen Flachboden versehen sein. Anders als in Lyon (Abb. 29,11) sind die Zementationstiegel aus Augusta Raurica sehr heterogen (Abb. 102), und ein spezieller Formtyp für das Zementationsverfahren kommt hier nicht vor.

Verschiedentlich konnte beobachtet werden, dass Tiegel-scherben nach der Zementation innen *bläulich* verfärbt

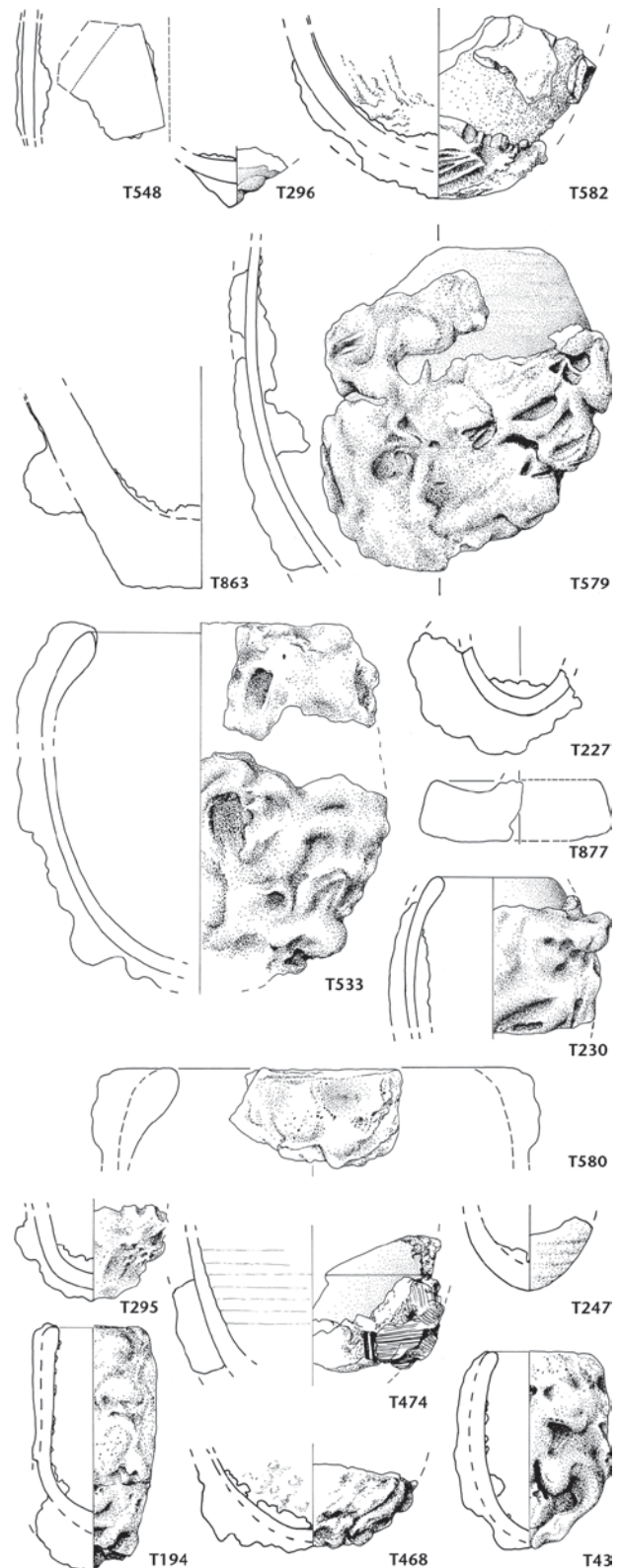


Abb. 102: Augusta Raurica. Die analysierten Tiegel mit den höchsten Zinkgehalten ($> 160\,000$ ppm Zn), angeordnet nach abnehmendem Zn-Gehalt. M. 1:3.

623 Xanten: Rehren 1997, Abb. 13; Colchester: Rehren/Martinón-Torres 2008, Abb. 9.1, links (auch abgebildet in Bayley 1989, Abb. 3). – Siehe die Charakterisierung der Zementationstiegelgrößen bei Doridot u.a. 2006, 16, und die Zusammenstellung bei Rehren/Martinón-Torres 2008, Abb. 9.1.



T583: Analyse 1985_25972_a: 70330 ppm Zn



T533: Analyse 1978_22766_e: 304764 ppm Zn



T580: Analyse 1975_06170_a: 203817 ppm Zn



T673: Analyse 1963_04726_b: 19419 ppm Zn.

Abb. 103: August Raurica. Beispiele von Tiegeln mit bläulichgrauen Innenflächen infolge intensiven Zinkoxid-Niederschlags. Weisse Kreise: pXRF-Messflächen; Zinkwerte nach Tabelle 1. M. 1:1.

(Abb. 103) waren respektive sich anderweitig von normalen Gusstiegeln unterscheiden⁶²⁴. Die Verfärbung kann auch ins Violette gehen, wie von Stücken aus Avenches / VD beschrieben wird⁶²⁵. Bei den Exemplaren aus Augusta Raurica ist jedoch hervorzuheben, dass nicht alle zinkreichen Zementationstiegel innen zur Blaufärbung neigen, aber alle Stücke mit diesem Farbstich hohe Zinkanteile enthalten (Abb. 103).

Auch andere Verfärbungen resp. Beläge wurden als Folge dieses Prozesses beobachtet: «Schon äusserlich unterscheiden sich Zementationstiegel und Giesstiegel deutlich: Die Zementationstiegelscherben sind aussen rotbraun bis kupferrot gefärbt und weisen eine relativ glatte Keramikoberfläche auf. ... Innen sind sie mit einer mehrere Millimeter dicken Kruste aus einer Besandungsschicht überzogen, die von grünem Glasfluss sowie Kupferoxidationsmineralien durchwirkt ist.»⁶²⁶

Schabspuren in einem Zementationstiegel

Ein Wand- / Bodenfragment eines grösseren Tiegels (**T533**) gibt einen weiteren Hinweis auf die Zementation, und zwar dass bei Prozessende zinkreiche *Krusten* im Tiegel weggeschabt und durch separates Wiedereinschmelzen zurückgewonnen oder einfach die Tiegel innen gereinigt werden sollten: Die grüne Kruste resp. die metallhaltige Verunreinigung scheint sich vor allem entlang der Tiegelwandung abgelagert zu haben, wo sie gut sichtbar mit parallelen, vertikalen Schaberbewegungen entfernt worden ist (Abb. 104). Sie erwies sich als sehr stark zinkhaltig. Die erhöhten Werte von Schwefel könnten auf Zinkblende als Ausgangserz der Zementation hindeuten⁶²⁷; jene von Blei und Arsen hingegen sind eher auf Galmei zurückzuführen (Tabelle 5). Dass auch Zinn mit erhöhtem Wert auftritt, könnte darauf hinweisen, dass etwas legiertes Zinnmessing zum Herabsetzen des Schmelzpunktes dem Reinkupfer in den Zementationstiegel beigemischt wurde. Dieser Befund wird in einem historischen Handbuch sogar beschrieben: «Es ist von grosser Wichtigkeit, dass der [Messing-Zementations-]Tiegel ... besonders an den Seitenwänden gehörig rein sei, und ist daher gut, während der Arbeit die anhängenden Unreinlichkeiten mit dem Spatel fleissig loszuschaben. Diese Unreinlichkeiten verhindern nämlich leicht durch ihre Zwischenablagerung die gehörige Vereinigung der Metalltheile ...»⁶²⁸

Lassen sich die Zinkerze Galmei und Zinkblende archäometrisch an Tiegelresten unterscheiden?

Die unten bei Experiment 7 gewonnen Erfahrungen, wonach sich beim Messingzementieren mit Galmei signifikant viel Blei, Cadmium, Eisen⁶²⁹ und Schwefel in der Tiegelkeramik angereichert hat (im Vergleich zum rohen Tiegelton; Abb. 140), liesse vermuten, hiermit für Galmei typische Spuren gefasst zu haben.



Abb. 104: Wand- / Bodenfragment von Tiegel **T533** mit ausgeschabter grüner Kruste innen. M. 1:2. – Der grüne Belag erweist sich als sehr stark zinkhaltig. Die beiden pXRF-Messstellen a und c (Ø je 9 mm) sind mit Kreisen markiert und ergaben folgende Messwerte (Auszug aus Tabelle 1; Werte in ppm):

Probe 1978_22766_a: Kruste	43 299 Cu	2968 Sn	325 854 Zn	4881 Pb	486 As	4645 S
Probe 1978_22766_c: Keramik	275 Cu	20 Sn	63 512 Zn	1234 Pb	94 As	798 S

Das von uns verwendete Zinkerz Galmei (auch Zinkspat, Smithsonit; ZnCO_3) enthält zwar grössere Anteile an Blei und Cadmium sowie Schwefel und etwas Eisen (Abb. 140), aber just diese Marker finden sich auch im zweiten gut verbreiteten Zinkerz, der Zinkblende (auch Shpalerit; ZnS). Die in Zinkblenden gemessenen 0–3% Pb und 0,05–1% Cd⁶³⁰ entsprechen durchaus den entsprechenden Spuren im Galmei. Die beiden Zinkerze unterscheiden sich jedoch deutlich in den Eisen- und Schwefelgehalten:

Eisen: 9–13% in Galmei 0,1–10% in Zinkblende
Schwefel: 0,01–0,1% in Galmei um 32% in Zinkblende.

Die deutliche Schwefelanreicherung in unseren experimentellen Zementationstiegeln (Abb. 140) ist sicher nicht auf ein schwefelreiches Erz wie Zinkblende zurückzuführen, da wir ja mit Galmei arbeiteten. Mit erhöhten Schwefelwerten in Tiegelkeramik lässt sich demzufolge nicht entscheiden, ob mit Galmei oder Zinkblende zementiert worden ist. Letztere lassen sich allenfalls dann nachweisen, wenn in der Tiegelkeramik nur geringste Spuren von Eisen (deutlich unter der Prozentmarke) festzustellen wären (s. unten).

624 Picon 2007, 10 («coloration bleu», «zon intérieure bleue»).

625 König 2015, 224 (als violett beschrieben).

626 Telle / Thönnissen 2006, 73 f. Abb. 14; 16.

627 Diesen Hinweis verdanke ich Urs Werner.

628 Percy / Knapp 1862, 573 (Beigabe von Messing in den Zementationstiegel) und 574 (Zitat).

629 Craddock 1981, 16 («A further indication of the use of the cementation process is the iron content of the brass. The calamine ore always contained a small percentage of iron oxides...»).

630 Schroll 1953, 306–317.



Abb. 105: Die an den Experimenten 7–12 beteiligten Personen (v. l. n. r.): Alex R. Furger (Autor), Markus Helfert (Keramikspezialist und Co-Autor), Christoph Jäggy (Laborant und Goldschmied), Daniela König (Mineralogin) und Urs Werner (Metallurge).

Mögliche Spuren von Zementation mit Galmei

Die oben umrissenen Elementmerkmale, die Galmei in Tiegelerkeramik hinterlässt (s. auch Experiment 7 mit Abb. 140), leiten das Augenmerk auf Tiegel, welche die vier Elemente Fe, S, Zn, Cd und Pb *gleichermassen* in überdurchschnittlich hoher Konzentration aufweisen. Dies trifft zu für die Tiegel **T35. T43. T231. T296. T448. T469. T533. T545. T548. T579** und **T582** (Taf. 3–22; Tabelle 1). Diese Tiegelserie entspricht völlig dem *beutelförmigen* «Normaltyp» und besteht meist aus *grösseren* Exemplaren mit etwa 80–600 cm³ Fassungsvermögen. Die Stücke sind – im Gegensatz zu den «Zinkblendekandidaten» (unten) – auffallend *bauchig*.

Mögliche Spuren von Zementation mit Zinkblende

Analog dazu wurden auch diejenigen Tiegel herausgesucht, deren Keramik ebenfalls S, Zn, Cd und Pb enthält, aber nur *geringste Spuren von Eisen*. Sie könnten nach dem oben Gesagten auf Zinkblende hinweisen. Dies trifft zu für die Tiegel **T6. T10. T27. T207** (mit lutierter Deckelaufgabe). **T209. T229. T231. T246. T262. T295. T335. T637** und **T855**. Cadmium ist in diesen Stücken, wie auch in Zinkblenden üblich, mal nachweisbar, mal unter der Nachweisgrenze. Den meisten dieser Tiegel ist eine *grazile, schlanke* Form mit relativ *dünner* Wandung gemeinsam. In einigen Fällen zeigt der Überzug am Rand mögliche Spuren von einem auflutierten Tiegeldeckel.

Experimentelle Tiegelerarchäologie

Personal und Ausrüstung

Die von uns durchgeführten Experimente und Feldversuche leiteten sich in den meisten Fällen aus den Analysen der Tiegeltone, des *Lutums*, der Metallspuren in der Keramikmatrix und der Metallnachweise auf den Tiegeloberflächen ab. Die experimentellen Probenbrände unserer Vergleichstone bei 1020 °C und 1250 °C werden oben

beschrieben (S. 127 ff.) und bezüglich Farbveränderungen beim Brand in Abbildung 74 zusammengestellt.

Für manche der erhaltenen Analysewerte galt es, *Erklärungen* durch experimentelles Nachvollziehen zu finden, um plausible *Interpretationen* geben zu können.

Die Experimente 1, 3 und 6 mit Tiegeltönen, *Lutum*-Mischungen und Deckelherstellung wurden vom Verfasser selbst durchgeführt. Beim Drehen von Tiegelreplikaten und den verschiedenen Bränden (Tiegel, Deckel und *Lutum*-Testplättchen) in den Experimenten 2, 4 und 6 sowie für die Nachbrände von römischen Originaltiegeln (Experiment 5) durfte er auf die Töpferin Christine Burch in Rheinfelden / AG zählen.

Alle übrigen Experimente (7–12) wurden in der Woche vom 14. bis 18. Oktober 2013 in Biel-Benken / BL durchgeführt. Die Fragenkataloge, Materialien und das technische Equipment wurden vom Verfasser vorgängig vorbereitet. Teilgenommen haben neben ihm folgende Personen, für deren Hilfe und Engagement hiermit aufs Wärmste gedankt sei (Abb. 105)⁶³¹:

- Markus Helfert, Archäologe und Keramik-Archäometer, Durchführung der Kontrollanalysen und Mitautor, Universität Frankfurt a. M. / D
- Christoph Jäggy, Goldschmied, Laborant und Numismatiker-Experimentator (Gastgeber in Biel-Benken / BL mit Werkstätten und grossem Aussenbereich)
- Daniela König, Mineralogie-Doktorandin zu römischen Tiegeln bei Vincent Serneels, Université de Freiburg / FR.
- Urs Werner, Metallurge in der Firma Georg Fischer AG, Vorstandsmitglied der Stiftung «Eisenbibliothek» Schlatt / SH.

631 Für je nur einen Tag halfen als Gäste auch Christine Pugin (Töpferin und Restauratorin in Augusta Raurica), Kathrin Schächli (Archäologin, Dissertation über frühbronzezeitliche Vollgriffdolche) und Rahel C. Ackermann (Numismatikerin, Dissertation über die spätmittelalterliche Münzstätte [mit Schmelztiegeln u. a.] auf Haldenstein / GR) mit.



Abb. 106: Experimentierofen 1: Grosse Ziegelkonstruktion, mit Lehm gemauert und aussen mit modernen Mauersteinen abgestützt. Im Feuerraum lassen sich fünf mittelgrosse Tiegel (Experiment 7; Abb. 131; 132) resp. neun kleinere Tiegel (Experiment 4; Abb. 120) unterbringen und gemeinsam erhitzen.



Abb. 107: Experimentierofen 2: Etwa in «römischen Dimensionen» bilden mehrere vertikal gestellte Schamottsteine den Brennraum. Darunter sind ein Lochblech und ein Rohrstutzen eingebaut, durch die Luft aus einem Staubsauger hineinströmt. Ein kleines Eisenfass hält das Ganze zusammen.



Abb. 108: Experimentierofen 3: In einem Kehrlichtblecheimer ist unten ein grosses seitliches Loch angebracht, durch das ein Gasbrenner mit strenger Flamme hineinzündet. Der Tiegel steht auf einem Schamottgestell, und innen ist die Wandung dick isoliert. Während des Heizens kann der Deckel geschlossen werden.

Bei den Experimenten 7–11 wurden drei verschiedene Öfen benutzt:

1. Der vergrösserte Nachbau einer römischen Feuer- resp. Schmelzgrube nach dem Befund von Augst, Insula 30⁶³². Aufbau mit Ziegeln und Lehm, Befeuerung mit Holzkohle. Konzessionen an den Nachbau sind: mobil auf einem Holzpalett montiert, etwa doppelt so gross (Innen-Ø ca. 40 cm) wie das Original, Gebläsemotor mit weitem Kupferrohr (Abb. 106), Belüftung seitlich. Nachteile im Laufe der Experimente: keine homogene Wärmeverteilung wegen einseitiger Luftzufuhr, zu grosser Holzkohleverbrauch wegen grossem Feuerraum.
2. Dimensiongetreuer Nachbau desselben römischen Schmelzofens aus Insula 30, jedoch ganz aus modernen Materialien: Vertikale Schamottsteine in einem kleinen Eisenfass (Aussen-Ø 35 cm, innen 25 cm), Befeuerung mit Holzkohle. Konzessionen an den Nachbau sind: mobil in einem Fässchen, alter Staubsauger als Gebläsemotor (Abb. 107) mit dünnem, regulierbaren Luftrohr, Belüftung von unten durch Lochblech hinauf in die Brennkammer. Nachteile im Laufe der Experimente: Luftzufuhr trotz Drosselungsmöglichkeit zu konstant, daher schneller Abbrand und zu grosser Holzkohleverbrauch.
3. In einem Eisenkessel eingebauter Gasofen mit Blechdeckel, unten seitlich befeuert mit einem breitflamigen Gasbrenner und innen dick mit feuerfestem modernem Isoliermaterial ausgekleidet (Abb. 108). Konzessionen an den Nachbau sind: In jeder Beziehung nicht antik, aber sehr effizient. Dieser Ofen wurde nur eingesetzt, wenn die Experimentatoren in den Holzkohleöfen 1 oder 2 den Schmelzpunkt wegen ungeübter Luftführung oder ungeeigneter Gebläsekonstruktion nach 30–60 Minuten nicht erreichen konnten (z. B. in Experiment 11).

Bei allen Öfen ist eine Abdeckung notwendig (Steinplatte, Ziegel, Blech usw.), um die Hitze beisammenzuhalten. Der grosse Brennraum wurde fallweise mit Hilfe von modernen feuerfesten Steinen verkleinert (Abb. 107).

Experiment 1: Tiegeltone aufbereiten

Fragestellung

- Welche Tone eignen sich zur Herstellung von Schmelztiegeln, welche für Gussformen und welche für einfache Installationen und Ausbesserungen in der Gieserei?

⁶³² Laur-Belart 1970; Martin 1978 118 Abb. 1, unten links; 20; Furger 1998A, 127 f. Abb. 11; Helfert/Furger 2017, 179 f. Abb. 6. – Der Nachbau wurde von Anton Haller angefertigt.



Abb. 109: Experiment 1. Aufbereitung der für die Tiegelherstellung in Frage kommenden Tone. Nach dem Schlämmen und Sieben musste der gewässerte Lehm brei wieder zu einer plastischen Konsistenz eingetrocknet werden, was in Baumwolltüchern an der Luft in relativ kurzer Zeit möglich war (oben). Die im Töpfereigewerbe zur Lehmtrocknung übliche Ausbringung auf trockene Gipsplatten wäre angesichts der rund 60 Lehmproben zu umständlich gewesen und hätte den Chemismus der Tonproben vermutlich verfälscht. Ein kleiner Teil der wieder plastischen Masse wurde ausgewalzt, in kleine Rechtecke geschnitten und getrocknet. Diese dienten dann für die Brennversuche und zur Analyse (Abb. 74 und 111).

- Wie müssen welche Tone aufbereitet werden, damit sie sich auf der Drehscheibe gut zu Tiegeln formen lassen?
- Viele Tiegel, vor allem jene aus dunklen regionalen Tonen, sind sehr stark mit Quarzkörnern gemagert. Wie effizient und wirksam bezüglich Hitzebeständigkeit ist reichliche Quarzmagerung? Inwieweit lässt sich aus einem wenig geeigneten Ton allein durch starke Quarzmagerung ein hitzebeständiger Tiegelton herstellen?
- Wie stark verändert das Schlämmen und Sieben den Chemismus eines Tones resp. wie stark äussert sich das Aussieben von Steinchen und Grobsand auf die archäometrisch gemessenen Spurenelementkonzentrationen?

Vorbereitungen und Durchführung

Von den meisten der archäometrisch untersuchten Lehm-vorkommen (S. 127 ff., Abb. 72) wurde mindestens 1 Kilogramm Material beschafft. Von den direkt bei Augusta Rau-rica anstehenden Lehmen, die nachweislich in der Antike für die Herstellung von Geschirrkernamik, Baukeramik und Schmelztiegel genutzt wurden, standen für die Experimente grössere Mengen zur Verfügung.

Die rund 65 Tonproben wurden in der Regel vom Autor im Gelände entnommen, die Fundorte fotografisch dokumentiert und mit ihren Koordinaten festgehalten. Bei oberflächennahen Aufschlüssen wurde zuerst der 20–30 cm dicke Humus resp. Waldboden entfernt. Aus dem Material wurden für die Analysen 30–50 mm lange und 3–8 mm dicke Plättchen geformt⁶³³. Die Tone wurden zuvor wie folgt in der Werkstatt des Autors aufbereitet:

- *Analyseplättchen «roh»:* Lehm nur leicht kneten, aber nicht weiter bearbeiten; trocknen lassen.
- *Analyseplättchen «geschlämmt, gesiebt und getrocknet»:* Lehm mit reichlich Wasser aufrühren, wenn nötig längere Zeit einweichen, erneut aufrühren, wenn nötig feste Klumpen mit den Fingern in Suspension bringen, nochmals maschinell aufrühren und alles durch ein Metallsieb mit 1,5 mm Maschenweite spülen. Einige stark feinsandige Lehme (insbesondere einige Hup-ererden) wurden auch mit 0,5 mm Maschenweite «feingesiebt» (siehe Angaben im Katalog S. 127 ff.). Die gesiebten Tonschlicker wurden zum Eintrocknen in dichte Baumwollgewebe gebracht, mit Schnur zusammengeknotet und aufgehängt, wo sie nach 5–15 Tagen knetbare Konsistenz erreichten. Dieser Trocknungsprozess dauerte je nach Menge, Tonart und Zusammensetzung unterschiedlich lange (Abb. 109, oben). Von einer kleinen Teilmenge wurden mindestens drei Plättchen (wie oben) geformt und getrocknet (Abb. 109, unten). Eines davon dient als Probe «geschlämmt, gesiebt und getrocknet» (Abb. 111, links unten), die anderen für folgende Brennversuche:
- *Analyseplättchen «gebrannt bei 1020 °C».* Der oxidierende Testbrand erfolgte in einem modernen, elektrisch beheizten Töpferofen⁶³⁴.
- *Analyseplättchen «gebrannt bei 1250 °C».* Oxidierender Testbrand bei höherer Temperatur (analog jenem bei 1020 °C), mit getrockneten, aber nicht vorgebrannten Plättchen (Abb. 111, oben). Mehrere der getesteten Tone hielten diesen höheren Temperaturen nicht mehr stand (Abb. 110).
- *Analyseplättchen «reduzierender Brand».* Da die meisten römischen Tiegel in ihrem metallurgischen Einsatz einem reduzierenden Milieu ausgesetzt waren, sollte auch die Farbveränderung unserer Tonproben bei einem reduzierenden Brand dokumentiert werden. Die-

633 Sämtliche vom Autor gesammelten Lehmproben und alle Analyseplättchen werden in der Geologischen Sammlung von «Archäologie und Museum Baselland» in Liesta / BL aufbewahrt.

634 Ich danke an dieser Stelle Christine Burch, Töpferin mit eigenem Atelier in Rheinfelden / AG, für die Testbrände. Um das übrige Brandgut im Ofen nicht zu gefährden, wurden die Analyseplättchen in rechteckige Porzellanschalen gelegt und gruppenweise in den Ofen gelegt.



Abb. 110: Beispiel der Testbrände von verschiedenen Lehmproben aus dem Gebiet der Colonia Raurica nach dem Brand auf 1250 °C (vgl. Abb. 74). Zum Schutz des Ofens und des übrigen Brennguts wurden die getrockneten Lehmklötzchen in eine rechteckige feuerfeste Porzellanschale gelegt (vgl. Abb. 111). In diesem Fall sind einige Lehme weiss, grau resp. rot gebrannt worden (links), während andere völlig verschmolzen sind (rechts oben)! Letztere konnten nicht mehr herauspräpariert und analysiert werden. Die niedrigere Brennserie auf 1020 °C haben fast alle Muster überstanden (Abb. 74). Ohne Massstab.

ser erfolgte in einem alten Raku-Ofen mit geschlossenem Blecheinsatz. Nachdem beim ersten Brand bei 1000 °C etwas Luft eindringen konnte und er zu keinem befriedigenden Resultat führte, wurden die Proben anschliessend nochmals in reduzierendem Milieu bei 1000 °C nachgebrannt (Abb. 111, unten). Dieses Resultat war befriedigend, nachdem sich die auf einigen Proben liegenden losen Russpartikel mit etwas Pressluft leicht entfernen liessen⁶³⁵. Diese reduzierend gebrannten Proben konnten aus Zeitgründen nicht mehr analysiert werden.

- «Siebrückstand»: Restmaterial >1,5 mm vom Siebprozess («Feinsiebrückstand»: >0,5 und <1,5 mm). Für allfällige Analysen wurden die organischen Teile (z. B. Würzelchen) und allenfalls noch ungelöste grössere Tonklümpchen entfernt.
- Der ganze Rest des geschlämmten und gesiebten Materials (je ca. 1 kg) wurde für spätere Tests, Analysen und Experimente aufbewahrt (Anm. 633).

Von nachweislich antik genutzten Materialien wurden, wie oben erwähnt, grössere Posten aufbereitet und in den folgenden Experimenten verwendet:

- TON 005 (Aedermannsdorf-Nägeli): Von der weissen Huppererde wurde versuchsweise ein Tiegel hergestellt (Experiment 2; Abb. 113,8). Dem Ton wurde 1/50 des benachbart anstehenden ockergelben TONes 011 zugemischt.
- TON 037 (Augst-Schwarzacker): z. B. für die Rekonstruktion von *Lutum*-Überzügen (s. Experimente 2 und 3, unten mit Abb. 115).
- TON 061 (Kaiseraugst-Zelglihof): Dieser Ton entspricht der archäometrisch an Tiegeln, Gussformen und an den *Lutum*-Überzügen nachgewiesenen Tongruppe 2 (Beitrag M. Helfert S. 155 f.). Vielfältig verwendet für

Tiegel-Rekonstruktionen, Tiegeldeckel, *Lutum*-Mischungen und Improvisationen während der Experimente (Experimente 2–7, 9 und 10).

- TON 061 (Kaiseraugst-Zelglihof): Um möglichst nahe an die Tiegeloriginals der Tongruppe 2 zu gelangen, wurde 1500 g von TON 061 *gemagert* mit 500 g grobem Quarzsand (1–2 mm Korngrösse) und 200 g feinem Quarzsand (0–1 mm)⁶³⁶. Die getrockneten Klötzchen wurden oxidierend bei 1020 °C und 1250 °C gebrannt sowie bei 1000 °C reduzierend gebrannt und anschliessend mit dem nicht gemagerten Ton derselben Lagerstätte verglichen (s. unten).
- TON 071 (Kaiseraugst-Leimgrueb): Wegen seiner chemischen Ähnlichkeit mit dem aus derselben Formation stammenden TON 061 wurde dieser Ton für gewisse Tiegel im Verhältnis 1:1 gemischt (Experiment 2).
- TON 360 und TON 365 (Châtelat, Stelle E, gelbes anstehendes Material resp. weisses Band darin): Das Vorkommen entspricht der dominierenden Tongruppe 1 der Tiegel von Augusta Raurica. Aus dem Material wurden in grossem Stil von einer wahrscheinlich spezialisierten Töpferei Schmelztiegel hergestellt und als Handelsware u. a. nach Augusta Raurica verkauft (Händler-vorrat in Insula 19; Taf. 4–6). Aus dem TON 360 rekonstruierte Tiegel des «Auguster Normaltyps» (Abb. 113,9; 130,8) fanden in den Experimenten 7 und 8 Verwendung. Von der annähernd weissen Qualität TON 365 reichte die Menge nur zur Herstellung von zwei kleinen Tiegeln aus (Abb. 113,10).
- TON 360 (Châtelat, Stelle E, gelbes anstehendes Material): Analog zum TON 061 (Tongruppe 2) wurde auch eine grob *gemagerte* Variante des hellen Châtelat-Tones hergestellt, gebrannt und verglichen (s. unten), obwohl dieses Material laut den Analyseergebnissen in der Antike ungemagert zu Tiegeln verarbeitet wurde. Die Quarzzuschläge bei TON 360G–362G waren identisch mit jenen bei TON 061G–063G (s. oben).

635 Ein reduzierender Brand ist heikel zu bewerkstelligen und bereitet in einem mit Holz befeuerten Feldofen grössere Schwierigkeiten, vor allem beim hermetischen Abdichten in der letzten Reduktionsphase. Ich danke Markus Helfert (Universität Frankfurt a. M./D) für den Vorschlag, diese Reduktionsbrände durchzuführen und sie mit den Originaltiegeln zu vergleichen, Hannes Weiss (Aeugst/ZH) für wertvolle Tipps und Stefan Jakob (Zürich) dafür, dass ich meine rund 70 Proben in seinem Spezialofen brennen lassen konnte.

636 Ich danke Andy Blank vom Bauunternehmen E. Frey AG in Kaiseraugst/AG und Julian Liewer von der Firma Interstein in Münchwilen/AG für Unterstützung bei der unentgeltlichen Bereitstellung dieser Sande.

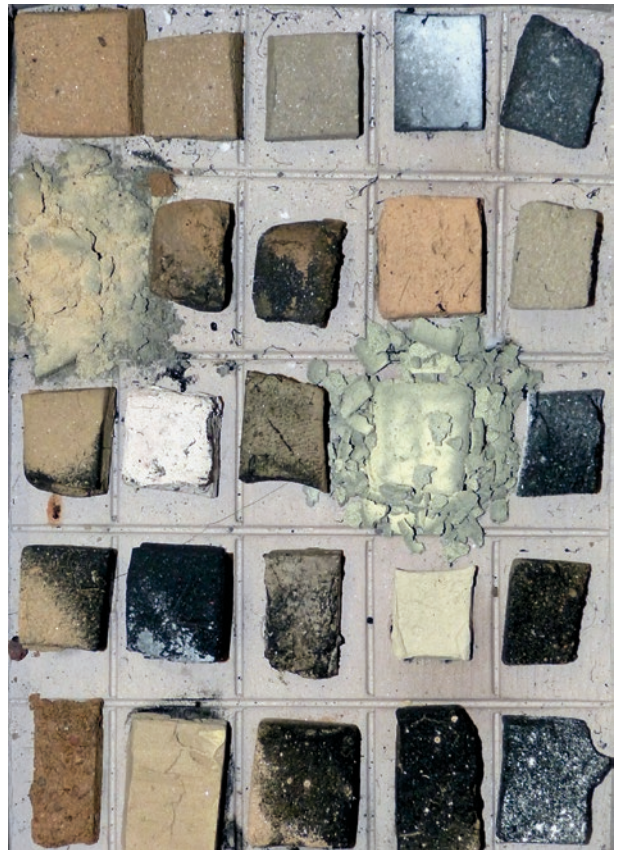
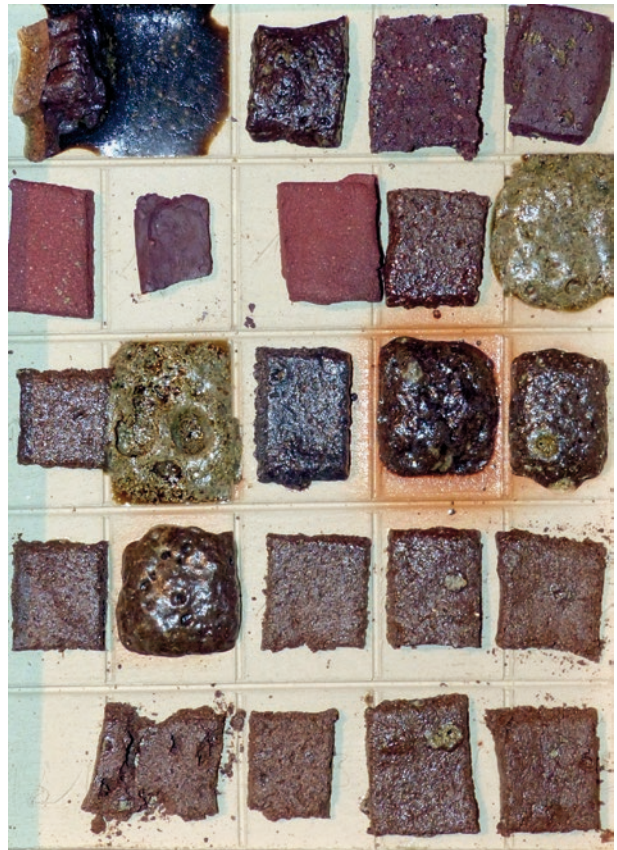
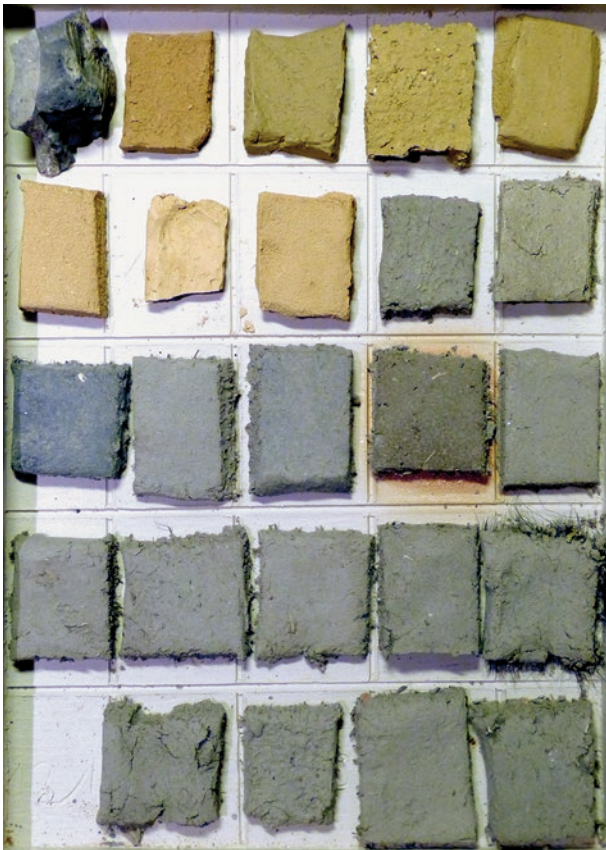


Abb. 111: Testbrände von Tonproben und Lutum-Rekonstruktionen (s. auch Abb. 74 und 115). Oben: Experiment 1 «mögliche Tiegeltone» und Experiment 3 Lutum-Rekonstruktionsversuche: links die Rohproben TON352–TON370 und Lutum04–Lutum18, rechts dieselben nach dem oxidierenden Testbrand bei 1250 °C. Unten: Experiment 1 «mögliche Tiegeltone»: links die Rohproben TON203–TON335, rechts dieselben nach dem reduzierenden Testbrand bei 1000 °C. Die niedrigen Probenträgerschalen sind 21 × 15 cm gross und bestehen aus feuerfestem Ton mit je 25 nummerierten Feldern. M. ca. 1:2.

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Archäometrisch nachgewiesene Tiegeltone: Die archäometrisch am Tiegelmateriale aus Augusta Raurica nachweisbaren Tongruppen 1 und 2 konnten lokalisiert und im Gelände in grösserer Menge beschafft werden. Diese beiden sowie einige benachbarte respektive technisch ähnliche Tone lassen sich gut aufbereiten und verarbeiten. Ihre Verwendbarkeit für scheibengedrehte Tiegel wird in Experiment 2 beschrieben; mit Gussformen aus diesen Tönen wurden noch keine Versuche angestellt.

Aufbereitung: Die beschriebene Aufbereitung der Tone durch Schlämmen und Absieben von Steinchen, Grobsand und Wurzeln genügt vollständig für eine gute Verarbeitbarkeit. Sogar das Zumischen von viel grobem Quarzsand (Abb. 113,11) beeinträchtigte die Tonverarbeitung kaum. Auf der Drehscheibe hingegen erwies sich das scharfkantige Ton-Sand-Gemisch als unangenehm für die Finger, weshalb die Töpferin diese stark gemagerten Tiegel mit Gummihandschuhen drehte.

Einfluss der Magerung: Ein erster Vergleich ungemagert-gemagert bezüglich Hitzebeständigkeit wurde mit Material der *lokalen Tongruppe 2* aus Kaiseraugst experimentell angestellt (Abb. 112, TON 061–063 vs. TON 061G): Das Verhalten beim oxidierenden Brennen unterscheidet sich – bei reichlicher Beimengung von grober Quarzmagerung wie bei den Originalen – nur wenig vom ungemagerten Ton. Bis 1020 °C wird die Keramik zwar fest, mit der Magerung aber auch etwas rissig. Etwas darunter und reduzierend gebrannt (bei max. 1000 °C) ist sie, wie alle Tone im Test, noch viel brüchiger. Erst ab etwa 1100–1150 °C beginnt der Ton zu schmelzen, was bei den auf 1250 °C erhitzten Proben sehr deutlich erkennbar ist. Dabei scheint es offenbar – entgegen der weit verbreiteten Meinung – keinen Unterschied zwischen ungemagert und gemagert zu geben. Die gezielte Magerung der lokalen Tone (vor allem Tongruppe 2) hat demzufolge *nicht das Schmelzen* der Matrix hinausgezögert, sondern durch den Quarzsand eine rein *mechanische Verbesserung der Formstabilität* bewirkt.

Zum Vergleich sei hier die sehr refraktäre, *aus dem Jura importierte Tongruppe 1* herangezogen: Der Châtelat-Ton *versintert* bei 1250 °C und wird sehr fest, schmilzt aber noch nicht (Abb. 74, TON 360–362)⁶³⁷. Hätte man ihn wie die lokalen Tone von Augusta Raurica mit viel Quarzsand gemagert, wie ich das versuchsshalber gemacht habe, wäre er bei grosser Hitze (um 1250 °C) sogar leicht angeschmolzen (Abb. 74, TON 361G). Die hellen jurassischen Hupperlehme sind ohne künstliche Magerung – bei den üblichen Betriebstemperaturen im Umgang mit Buntmetallen – überaus fest und stabil. Es erstaunt folglich nicht, dass man bereits in römischer Zeit diese Tiegelkeramik mehr geschätzt hat als die Produkte aus den lokalen Vorkommen, die bis zur Brüchigkeit gemagert werden mussten, um einigermassen formstabil zu sein.

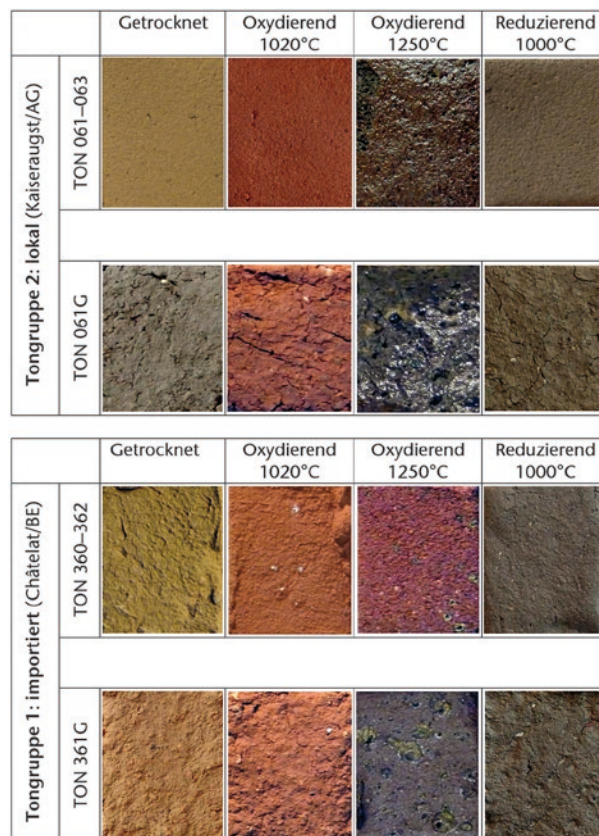


Abb. 112: Brennvorsuche mit den in Augusta Raurica meist verwendeten Tiegeltönen in ungemagelter und gemagelter Aufbereitung: Tongruppe 1 (unten), importiert aus der Gegend von Châtelat im Berner Jura, und Tongruppe 2 (oben), lokal anstehend in Kaiseraugst/AG-Zelglihof (Auszug aus Abb. 74). M. 1:1.

Einfluss des Schlämmens resp. Siebens: Von den 60 Fundstellen lagen bekanntlich mindestens je drei, manchmal vier Proben vor, die unterschiedlich aufbereitet und gebrannt waren: roh ungesiebt, roh gesiebt ungebrannt, gesiebt und gebrannt bei 1020 °C sowie dasselbe bei 1250 °C⁶³⁸. Alle sind auf die Hauptkomponenten und auf verschiedene Spurenelemente analysiert worden (Tabelle 3), und eine Auswahl von 23 Fundstellen wurde näher verglichen. Es sollten Unterschiede erkannt werden bezüglich der beiden Kriterien:

- Veränderungen durch das Schlämmen resp. Heraus-sieben der Sandbestandteile > ca. 1,5 mm
- Veränderungen durch die Brände.

Der Vergleich von ungesiebt und gesiebt Lehmproben zeigt, dass sich mit dem *Entfernen der Sandkomponenten* die chemische Zusammensetzung nur bei wenigen Tönen in gleichbleibenden Trends und Stetigkeiten ändert (Tabelle 3). Theoretisch würde mit Aussieben von Kalksand

⁶³⁷ Siehe jedoch unten mit Anm. 683 (Veglasung des Châtelat-Tones im Experiment bei Überhitzung).

⁶³⁸ Die reduzierend bei 1000 °C gebrannten Proben wurden nicht chemisch analysiert.

der Anteil des Kalziumoxids im aufbereiteten Ton reduziert. Das kommt zwar vielfach vor, manchmal aber auch das Gegenteil. Genauso uncharakteristisch verhält es sich mit dem Siliziumanteil: Würde praktisch reiner Quarzsand ausgesiebt, so müsste theoretisch der Siliziumoxidgehalt zurückgehen. Das ist jedoch genauso häufig wie ein Ansteigen des Siliziums mit dem Siebvorgang. An weiteren Elementen wurden in unseren Tonproben durch das Sieben Aluminiumoxid, Titanoxid und Barium eher angereichert und Magnesiumoxid eher reduziert, doch auch hier kommt der gegenteilige Trend – etwas seltener zwar – ebenso vor. Als *Fazit* darf postuliert werden, dass sich die chemische Zusammensetzung eines natürlichen Tones durch das Aussieben der Sandkomponente (> 1 mm) nicht so stark verändert, dass eine geochemische Herkunftsbestimmung verunmöglicht würde.

Einfluss der Brenntemperaturen: Bei den 23 verglichenen Fundstellen zeigen sich folgende Trends bei einigen Hauptkomponenten und Spurenelementen (Tabelle 3):

- Die Gehalte von *Zink, Chrom, Strontium und Rubidium* (in abnehmender Häufigkeit) in der Keramikmatrix reichern sich bei zunehmenden Brenntemperaturen an (festzustellen bei rund der Hälfte der Referenzlehme).
- In geringerem Mass (etwa ein Drittel der Referenzlehme) und Stetigkeit ist dies auch für Kaliumoxid, Magnesiumoxid und Blei festzustellen.
- Nur rund ein Viertel der beprobten Lehme zeigt bei zunehmender Brenntemperatur auch ansteigende Werte für Manganoxid, Kalziumoxid, Arsen und Eisenoxid.
- Bei einigen dieser Elemente nimmt der Gehalt durch das Brennen ab.
- Alle übrigen Spurenelemente zeigen keine signifikante Veränderung durch das Brennen.

Auch hier zeigt sich, dass durch das Brennen der Lehmproben keine signifikanten Veränderungen in den Spurenelement-Konzentrationen eintreten. Offenbar verhalten sich die in der Keramik natürlich vorkommenden Metalle Zink, Blei usw. anders, als wir es in der Metallschmelze kennen: Sie entweichen nicht durch Abbrand, sondern können sich mit zunehmender Brenntemperatur an der Keramikoberfläche leicht anreichern (allein dort haben wir unsere Messungen durchgeführt).

Experiment 2: Tiegel töpfen und brennen

Fragestellung

- Wie bewähren sich die archäometrisch belegten Tiegeltöne von Augusta Raurica auf der Drehscheibe und beim Brennen?
- Ist die an den dunkelgrauen Tiegeltönen aus Augusta Raurica zu beobachtende starke Quarzmagerung (Tongruppen 2–5; Abb. 82, unten und Abb. 124 [Schnitte im Fundzustand]) bei der Arbeit an der Drehscheibe hinderlich?

- Wie sind die kleinen Lehmputzen am Boden einiger Tiegel (Abb. 9, unten) herstellungstechnisch bedingt?

Vorbereitungen und Durchführung

Aufgrund der Spurenelement-Zusammensetzung und unter Einbezug unserer lokalisierbaren Tongruppen 1 und 2 wurden auf Empfehlung von Markus Helfert folgende Töne durch Schlämmen und Sieben zur Herstellung von Tiegeln vorbereitet:

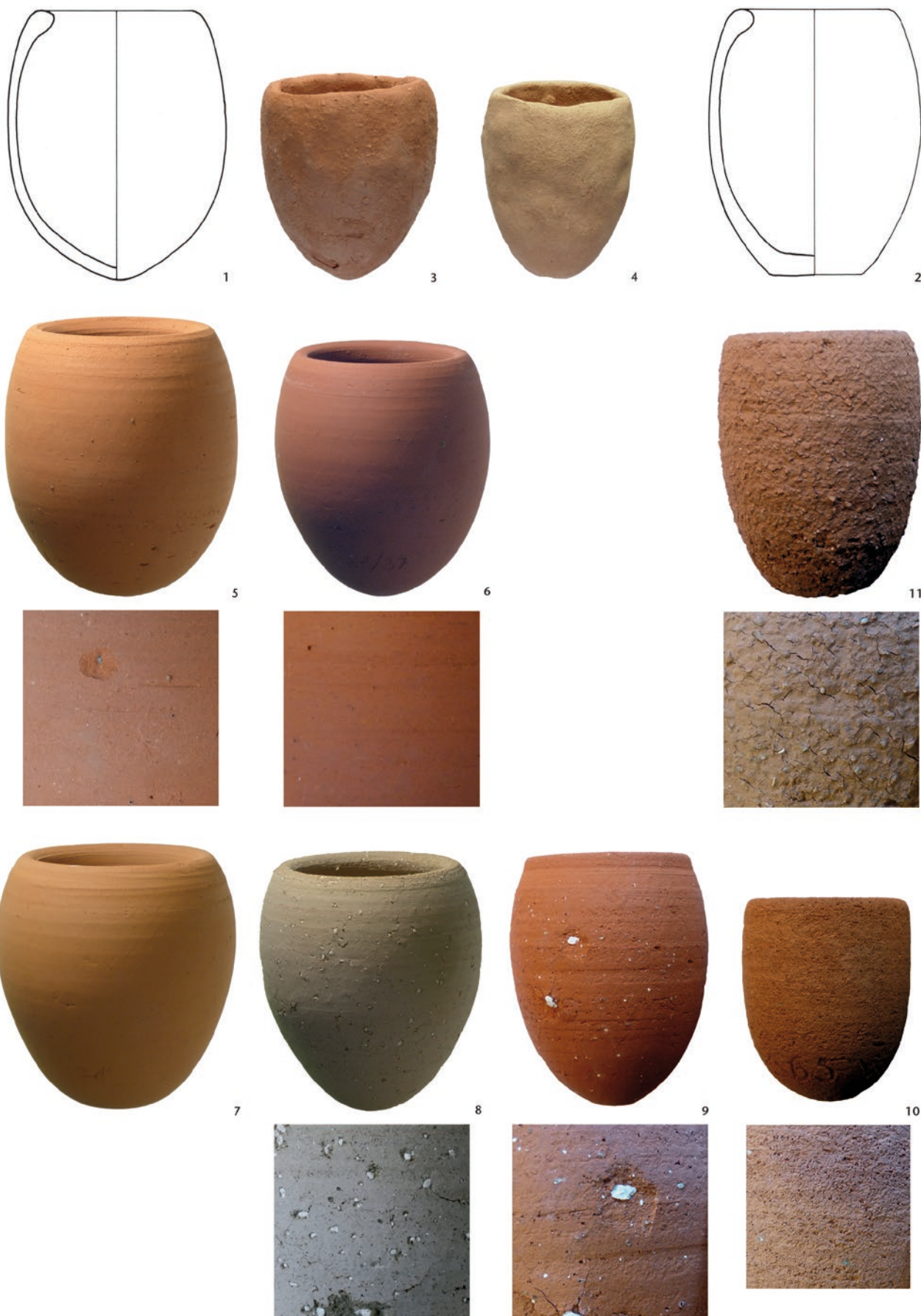
- TON 360 (gelb) und – allerdings wenig Material – TON 365 (weiss) von Châtelat/BE (= Tongruppe 1), unvermischt.
- TON 061 von Kaiseraugst/AG-Zelglihof (= Tongruppe 2), unvermischt.
- TON 071 von Kaiseraugst-Leimgrueb (ähnlich Tongruppe 2; bezüglich topographischer Nachbarschaft und Spurenelementen dem Zelglihof-Material sehr ähnlich), unvermischt.
- *Tongemisch* mit 1 Teil TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof und 1 Teil TON 037 von Augst-Schwarzacker.
- *Tongemisch* mit 50 Teilen TON 009 von Aedermannsdorf (weisser Hupperlehm) und 1 Teil TON 010 von Aedermannsdorf (ockerbrauner Hupperlehm).

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Der Töpferin Christine Burch verdanke ich folgende Beobachtungen, die sie beim Vorbereiten der Töne und beim Drehen von Tiegeln des «Normaltyp» von Augusta Raurica (Abb. 15, mi3, Höhe ca. 10 cm) in ihrem Atelier in Rheinfelden/AG gemacht hat (Abb. 113, 5–11):

- Tiegelton 061 unvermischt: «Kurzer Ton, bricht schnell»; Tiegel muss dickwandig gedreht werden und wird entsprechend schwer; die gebrannte Oberfläche ist matt und wirkt sehr porös (Abb. 113, 5).
- Tiegelton 360 (gelb) unvermischt: «Wunderbar zum Drehen. Viele Kalkeinsprengsel im Ton ergeben beim Brennen weisse Kalkspatzen, die in der Luftfeuchtigkeit aufbrechen.» (Abb. 113, 9).
- Tiegelton 365 (weiss, feinsandig) unvermischt: «Sehr sandig bis mehlig, zu wenig plastisch, um ihn gut drehen zu können. Extrem hoher Feinsandanteil; würde

Abb. 113: Rekonstruierte Tiegel des «Normaltyps» von Augusta Raurica (1; Import und lokale Fertigung) und in der flachbodigen, lokal hergestellten Variante (2). – 3 und 4 = Experimentiertiegel aus den Altbeständen des Museums Augusta Raurica (z. T. für Experiment 11). – Replikate aus folgenden, archäometrisch mit den Originalfunden in Zusammenhang gebrachten Tönen: 5 = TON 061 aus Kaiseraugst-Zelglihof unvermischt; 6 = Mischung TON 061/037 (TON 037 aus Augst-Schwarzacker); 7 = TON 071 aus Kaiseraugst-Leimgrueb unvermischt; 8 = Mischung TON 009/010 aus Aedermannsdorf-Nägeli; 9 = TON 360 und 10 = TON 365 aus Châtelat, Stelle E; 11 = TON 061 aus Kaiseraugst-Zelglihof mit viel grober Quarzmagerung (flachbodig; lütiert für Experiment 7a–7c). Lütierte Versionen siehe Abb. 119. M. 1:2 (Oberflächendetails M. 1:1).



man ihn vollständig ausschlämmen, bliebe nicht mehr viel plastisches Feintonmaterial übrig.» (Abb. 113,10).

- Tiegeltong 061 mit viel grober Quarzmagerung: «Wegen der Scharfkantigkeit der relativ grossen Magerungskörner mussten Gummihandschuhe zum Drehen verwendet werden. Überschüssiges lässt sich nicht abdrehen, und die Oberfläche bleibt wegen der groben Magerung rau.» (Abb. 113,11).
- Tiegeltong 071 unvermischt: «Sehr mager, bricht beim Kneten»; lässt nur dickwandiges Drehen zu und wird entsprechend schwer. «Zweiter Versuch: wie Watte zum Drehen, nicht fassbar» (Abb. 113,7).
- Tiegeltongmischung 061/037: «Geht besser» zum Drehen als TON 061; dünnwandiges Aufziehen möglich (Abb. 113,6).
- Tiegeltongmischung 009/010: «Steht sehr gut, viel spürbare Magerungskörner»; lässt sich leicht drehen, dünnwandiges Aufziehen möglich (Abb. 113,8). Nach dem Brand bekam dieser Tiegel allerdings – infolge Dünnwandigkeit und sehr vieler Kalk- und Quarzkörner – feine Risse und war im Schmelzexperiment nicht mehr zu gebrauchen.

Den (oxidierenden) Brand bei 1020 °C haben fast alle Tiegel gut überstanden. Er erbrachte eine kompakte, «gesund» klingende Tiegelkeramik. Auch der nicht näher aufbereitete, stark quarzkornhaltige Hupperton von Aedermannsdorf (Abb. 113,8) liess sich überraschend gut drehen, war nach dem Brennen jedoch nicht sehr stabil (Neigung zur Rissbildung).

Es fällt auf, dass die beiden Tongemische besser zu verarbeiten sind als die reinen Tone 061 und 071. Die Spurenelement-Charakteristik antiker Geschirr- und Tiegeltone lässt das eindeutige Erkennen von Gemischen kaum zu. Meist spricht die hohe Spurenelement-Kongruenz zwischen Lagerstättentonen und Gefässanalysen ohnehin für die *Verwendung unvermischter Tone*. Bewusstes Vermischen verschiedener Tone zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen mit bestimmten Anforderungen ist erst für die frühe Neuzeit bezeugt⁶³⁹.

Die Eigenheit einiger Originaltiegel mit kleinem *Lehmpatzen* aussen am Boden (s. oben mit Abb. 9 und Anm. 110) ist herstellungstechnisch bedingt: Am Ende des Gefässaufbaus, beim abschliessenden Unterschneiden des spitzen Bodens, wird die Standfläche auf der Töpferscheibe plötzlich zu klein, und der Tiegel kippt von der Scheibe (Abb. 114, oben rechts). Wenn das überschüssige Material am Boden nicht sauber flachgeklopft oder weggeschnitten wird, bleibt der bisweilen zu beobachtende, abstehende kleine Lehmpatzen zurück. Dies wurde nur an Tiegeln der Tongruppe 1 beobachtet, deren Ton aus Châtelat/BE im Jura stammt und ausserhalb von Augusta Raurica zu Tiegeln getöpfert wurde.

Eine andere, «moderne» Technik, spitzbodige Tiegel herzustellen, besteht aus einem zweistufigen Arbeitsgang: Der Tiegel wird mit frischem Lehm auf der Scheibe hoch-

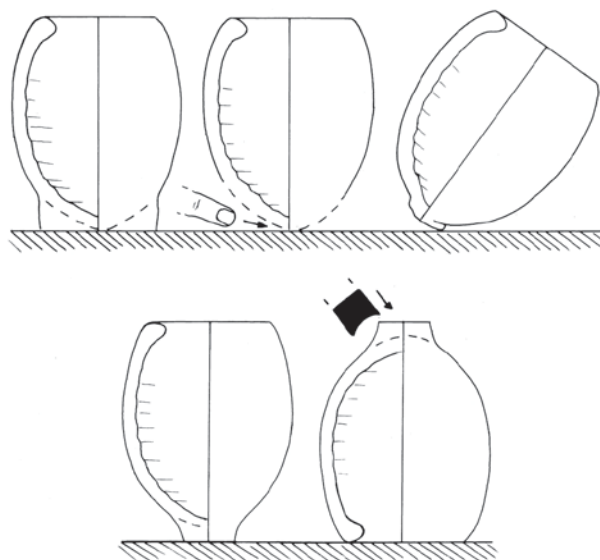


Abb. 114: Zwei Möglichkeiten der Herstellung spitzer Tiegelböden: oben durch – manchmal unvollständiges (Abb. 9) – Abdrehen auf der Drehbank im selben Arbeitsgang wie der Gefässaufbau mit frischem Ton; unten durch späteres Abdrehen am umgedreht auf der Töpferscheibe montierten Stück in lederhartem Zustand. Ohne Massstab.

gezogen, allerdings mit einem genügend breiten Standfuss (Abb. 114, unten links). Erst in lederhartem Zustand wird er umgekehrt auf der Scheibe zentriert und mit einem scharfen Blech am Boden spitz abgedreht (Abb. 114, unten rechts). So sind unsere Kopien entstanden (Abb. 113)⁶⁴⁰.

Experiment 3: Rekonstruktion des römischen Lutums

Fragestellung

Voraussetzungen: Die oben beschriebenen Erkenntnisse und die alten *Lutum*-Rezepte legen nahe, dass mindestens *Ton*, *organisches Material* (z. B. Tierhaare, Mist, Mehl oder Kleie), möglicherweise *etwas Eisen* (z. B. Hammerschlag) und *allenfalls Soda, Quarzpulver oder Asche* beigemischt werden muss, um eine niedrigschmelzende⁶⁴¹ Verschleisschicht wie an den römischen Originaltiegeln zu erhalten. Wie oft bei alten Rezepten erfahren wir jedoch wenig über die *Mengenverhältnisse* der Ingredienzen für ein *Lutum*.

- Welche der übrigen überlieferten Stoffe (Schamotte, Kalk, Talk, Kreide, Alaun, Glaspulver, Ziegelmehl, Blut,

639 Felchlin 1971, 16 f. (Mischen von importierter «Heimbacher Erde» [= Lagerstätte 37; Abb. 72,37] mit lokalen Tönen aus Matzendorf [unsere Lagerstätte 40 oder 38/39?]) im frühen 19. Jahrhundert.

640 Ich danke den Töpferinnen Christine Pugin für die Erklärung der ersten Machart (Abb. 114, oben) und Christine Burch für die Begutachtung einiger Originalfunde und die Ausführung der zweiten Machart an den Tiegel-Rekonstruktionen (Abb. 114, unten).

641 Nicolas Thomas (2012, bes. 269) geht trotz seiner grossen Sammlung von über 120 alten *Lutum*-Rezepten nicht auf diese Eigenschaft des *Lutum*-Gemisches ein.

Wachs, Eiweiss, Salz, Asche, Glätte, Essig, Wasser usw.), die archäometrisch kaum direkt nachweisbar sind, fördern allenfalls die gewünschten Materialeigenschaften von Formbarkeit, Schmelztemperatur, Zähigkeit und Isolierverhalten (Porosität durch Aufschäumen)?

- Welche rekonstruierten Rezepte (*Lutum* 1 bis *Lutum* 20) kommen den römischen Mischungen bezüglich Aussehen und Analytik am nächsten? In welchen Mengenverhältnissen gemischt ergibt sich ein *Lutum*, das nach Erwärmung am Tiegel ähnlich in Erscheinung tritt wie die Originale?
- Das *Lutum* sollte bereits bei Temperaturen weich werden, bei denen die Tiegelkeramik noch stabil ist. Bei welchen Temperaturen beginnt eine *Lutum*-Mischung sich zu verändern?
- Was verursacht das bisweilige Abblättern der *Lutum*-Schicht?
- Ab wann schäumen die organischen Bestandteile auf und bilden die typische verschlackte Struktur mit vielen kleinen Gasbläschen?

Vorbereitungen und Durchführung

Wir haben die in den historischen Quellen erwähnten *Lutum*-Zuschläge beschafft und analysiert (Tabelle 7). Die meisten davon bringen die gewünschten und analytisch auch festgestellten Elemente wie *Kalzium*, *Eisen*, *Natrium*, *Kalium*, *Phosphor* und *Schwefel* durchaus und in unterschiedlicher Konzentration in die Tonmischung. Ob andere Stoffe wie *Urin*, *Eiweiss*, *Blut* und dergleichen effektiv eine Optimierung des *Lutums* brachten oder einfach nur «geheimnisvolle» Bestandteile des «*lutum sapientiae*» («Lehms der Weisheit») sein sollten, entzieht sich unserer Kenntnis.

Folgende *Lutum*-Mischungen wurden rekonstruiert, gebrannt und analysiert:

Lutum 1: nach Ercker 1580 (siehe oben mit Anm. 157). Gemischt wurden folgende Materialien: 10 Raumteile (nicht Gewichtteile!) fetter Lehm (TON 037, geschlämmt und gesiebt), 3 Teile fein gehackter trockener Eselmist (anstelle von Rossmist⁶⁴²), 2 Teile Holzasche, 2 Teile gehackte Kuhhaare, 1 Teil Eisenhammerschlag und ½ Teil Glaspulver (jedoch kein Ochsenblut). Die Masse wird durch Kneten sehr plastisch, bildet kaum Schimmel und riecht nicht besonders stark; sie trocknet langsam. Das *Lutum* lässt sich gut auf einen gebrannten und lange in Wasser eingelegten Tiegel auftragen (Abb. 119). Beim Trocknen bilden sich nur kleine Risse, die ausgebessert wurden.

Mehrere *Testplättchen* mit diesem *Lutum* 1 wurden nach dem Rezept Ercker 1580 gemischt und in ca. 30×30×7 mm messende Quadrate geformt. Dieser erste Testlauf erfolgte aber noch ohne Keramikunterlage (innere Tiegelwandung): Die trockene Masse ist graubraun und die beigemischten kurzen Tierhaare sind deutlich erkennbar (Abb. 115, linke Kolonne, *Lutum* 1). Nach dem Brand auf

1020 °C ist der Ton rotbraun und hart (Abb. 115, Kolonnen 2 und 3); die Haare sind grösstenteils (bis auf wenige unter der Lupe erkennbare Stummel) verbrannt. Erst eine Erhitzung darüber bringt das *Lutum* dazu, unter Blasenbildung zu verschlacken. Das auf 1250 °C erhitzte Stück ist anthrazitfarben, also fast schwarz geworden, seine Oberfläche ist verglast, und im Bruch sind die grossen und kleinen Bläschen mit dem Auge zu erkennen (Abb. 115, Kolonnen 4 und 5). Die Masse ist durch das Aufschäumen spezifisch leichter geworden.

Lutum 2: nach Arbeitsgruppe Werkburg (siehe oben mit Anm. 169): Gemischt wurden folgende Materialien: 10 Raumteile (nicht Gewichtteile!) fetter Lehm (TON 037, geschlämmt und gesiebt), 5 Teile fein gehackter trockener Eselmist (anstelle von Rossmist), 2,5 Teile feiner Quarzsand und 1,25 Teile Getreidemehl. Die Masse wird durch Kneten plastisch, bildet jedoch bald weissen Schimmel und stinkt; sie trocknet relativ schnell. Das *Lutum* lässt sich gut auf einen gebrannten und lange in Wasser eingelegten Tiegel auftragen. Beim Trocknen bilden sich grosse Risse, die aufwendig ausgebessert wurden (Abb. 119, 1a.2b.5; 121).

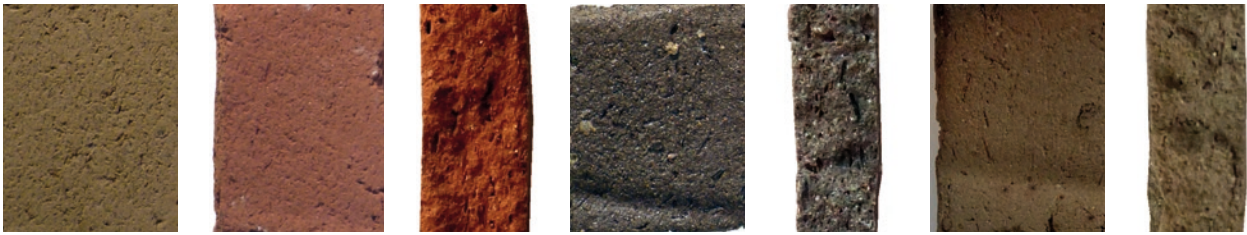
Testplättchen mit *Lutum* 2 nach dem neuzeitlichen Rezept der «Werkburg»: Die trockene Masse ist rötlichbraun, und vom beigemischten, fein gehäckselten Eselmist ist kaum etwas zu sehen (Abb. 115, linke Kolonne, *Lutum* 2; Tierhaare fehlen in diesem Rezept). Nach dem Brand auf 1020 °C ist der Ton ziegelrot und hart wie eine gewöhnliche Keramik (Abb. 115, Kolonnen 2 und 3). Erst eine Erhitzung darüber – auf 1250 °C – führt auch bei diesem *Lutum* zu einer Blasenbildung im Innern und leichten Verglasung der Oberfläche. Das so erhitzte Stück ist dunkelbraun und hat im Bruch ganz feine Bläschen (Abb. 115, Kolonnen 4 und 5).

Lutum 3: nach Arbeitsgruppe Werkburg, jedoch mit jenem «TON 061 Zelglihof» (Lagerstätte 3) aus Kaiseraugst, der aufgrund unserer archäometrischen Erkenntnisse für die antiken *Lutum*-Überzüge auf den Tiegeln, für Tiegeldeckel und für Gussformen verwendet worden ist (Tongruppe 2).

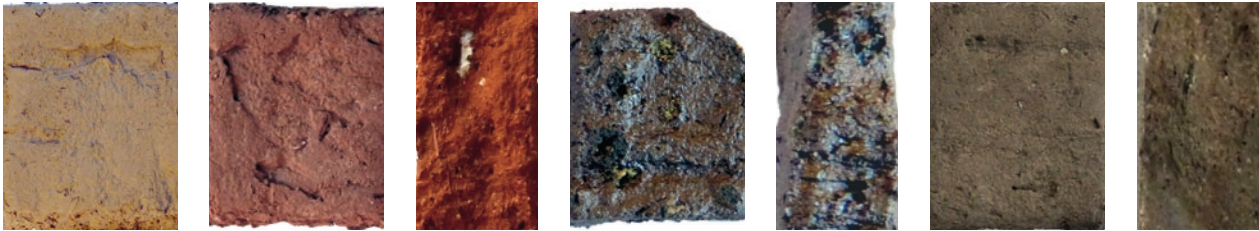
Die trockene Masse ist wie beim *Lutum* 2 ebenfalls rötlichbraun (Abb. 115, *Lutum* 1, Kolonne links). Nach dem Brand auf 1020 °C ist der Ton ziegelrot und hart wie eine gewöhnliche Keramik (Abb. 115, Kolonnen 2 und 3). Erst eine Erhitzung darüber – auf 1250 °C – führt auch bei diesem *Lutum* zu einer Blasenbildung im Innern und leichten Verglasung der Oberfläche. Das so erhitzte Stück ist dunkelbraun und hat im Bruch ganz feine Bläschen (Abb. 115, Kolonnen 4 und 5).

Mit diesem rekonstruierten Rezept gelang es, eine Mischung des in den Originalen nachgewiesenen Tons mit

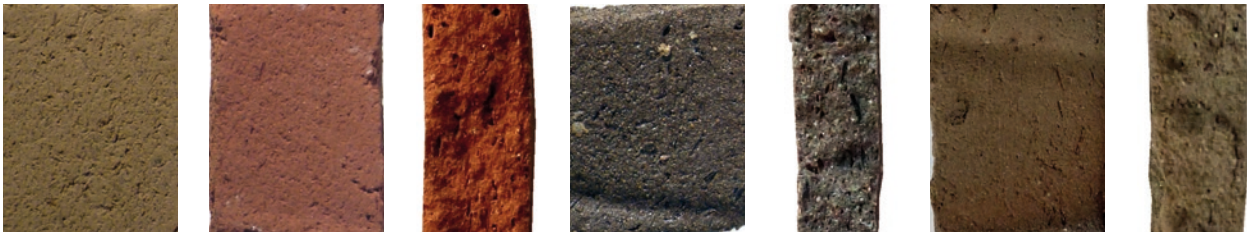
642 Knöpfli 1997, 33: «better still is fresh donkey dung [than horse dung], though this is difficult to get.»



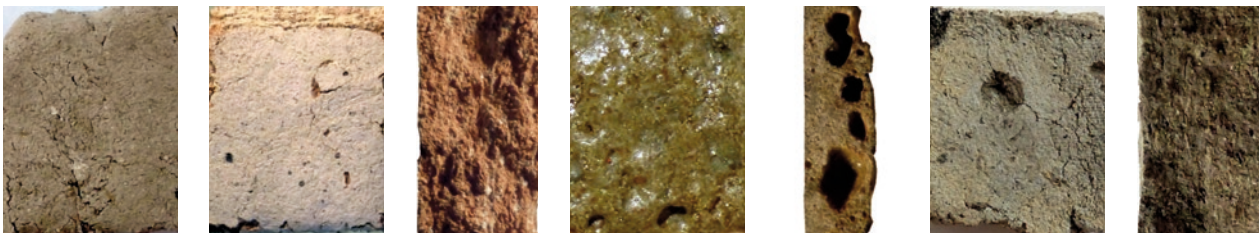
Lutum 1 (nach Ercker 1580, mit TON037)



Lutum 2 (nach Arbeitsgruppe Werkburg, mit TON037)



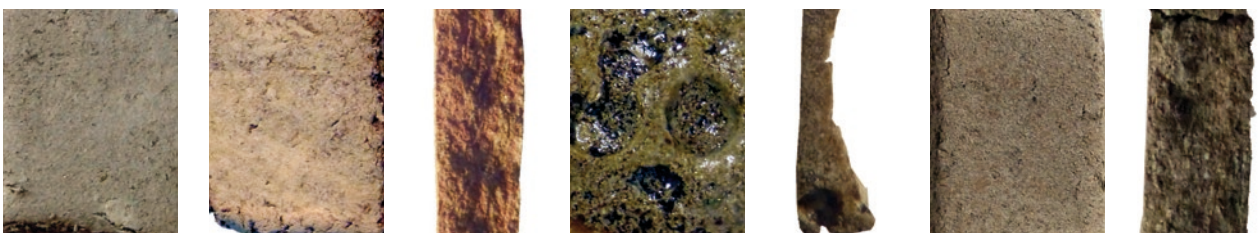
Lutum 3 (nach Arbeitsgruppe Werkburg, mit TON061)



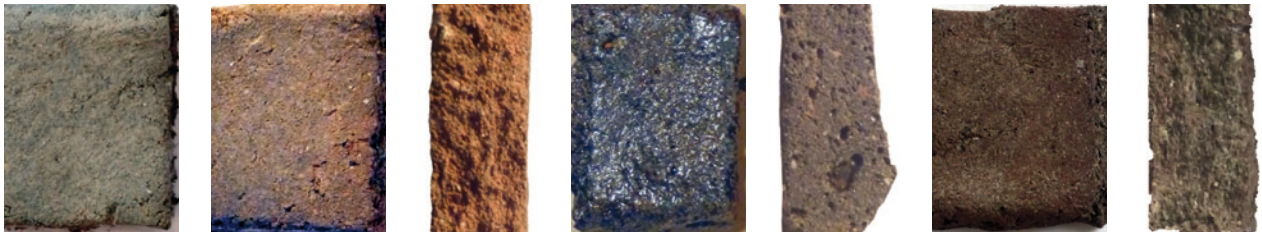
Lutum 4 (Lutum 3 plus zusätzlich Brantkalk plus Kreide)



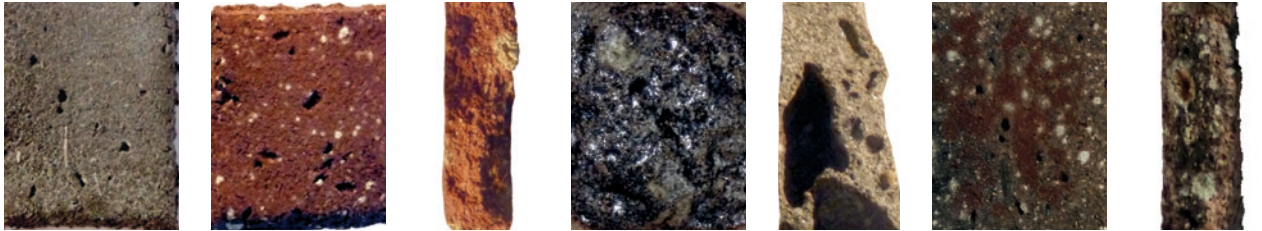
Lutum 5 (Lutum 3 plus zusätzlich Holzkohlepulver plus gebrannter Knochenschrot)



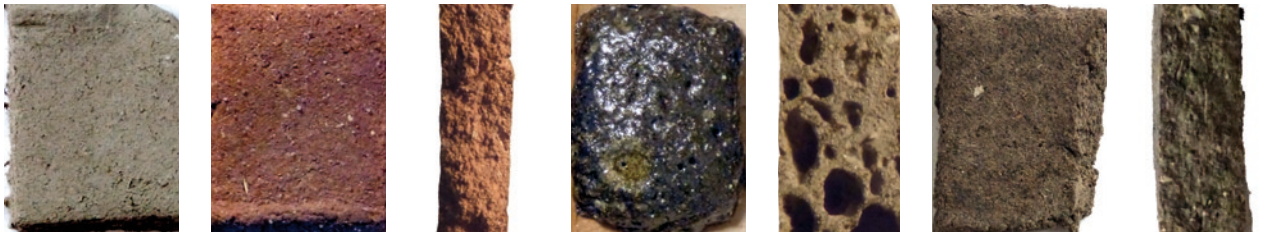
Lutum 6 (Lutum 3 plus zusätzlich Flussspat)



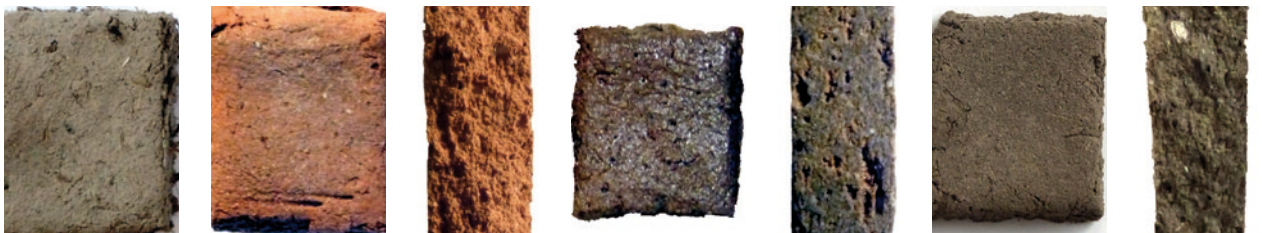
Lutum 7 (Lutum 3 plus zusätzlich Eisenhammerschlag)



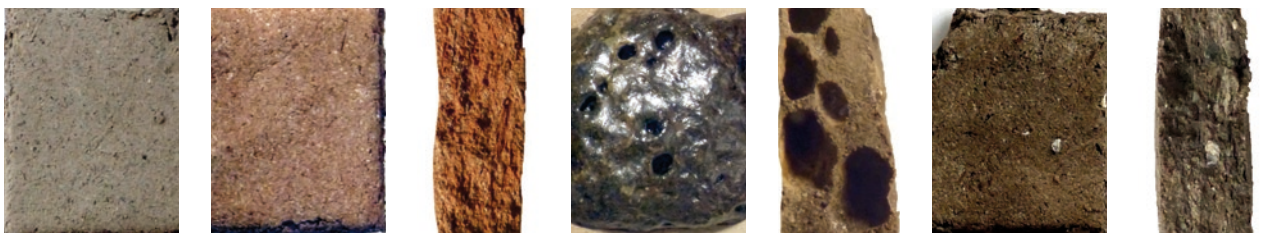
Lutum 8 (Lutum 3 plus zusätzlich Kochsalz)



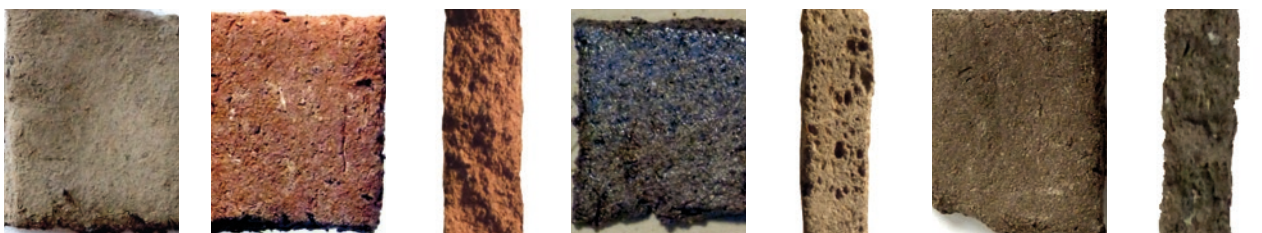
Lutum 9 (Lutum 3 plus zusätzlich Glaspulver)



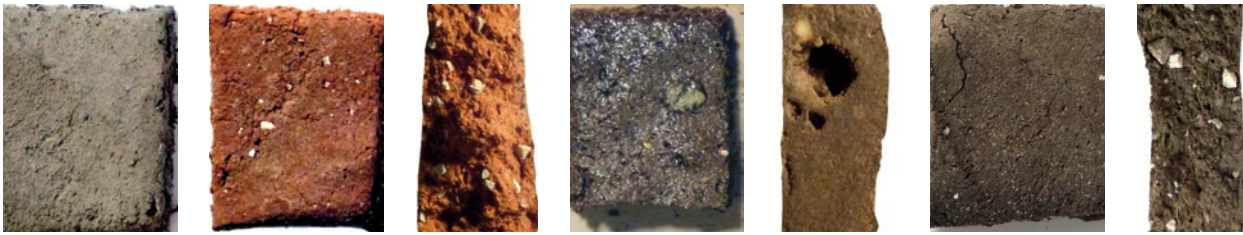
Lutum 10 (Lutum 3 plus zusätzlich Eselmist)



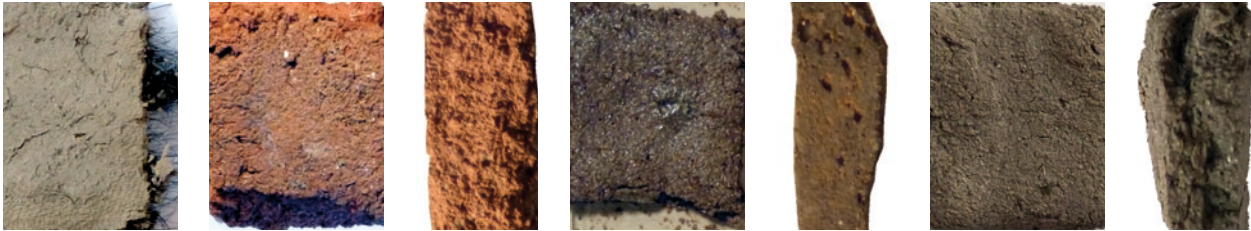
Lutum 11 (Lutum 3 plus zusätzlich Holzasche)



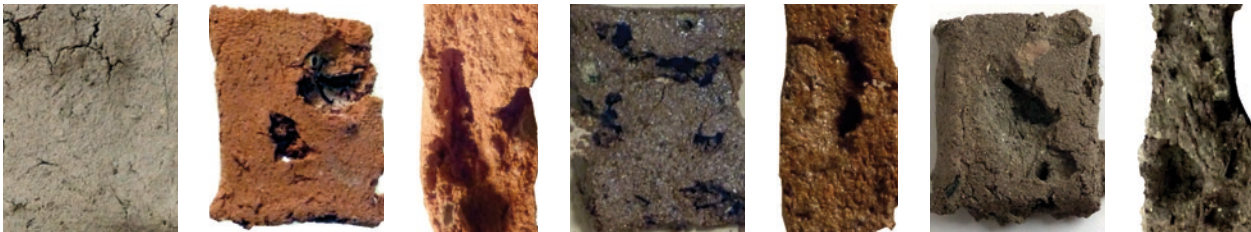
Lutum 12 (Lutum 3 plus zusätzlich Eiweiss)



Lutum 13 (Lutum 3 plus zusätzlich Schrot gebrannter Knochen)



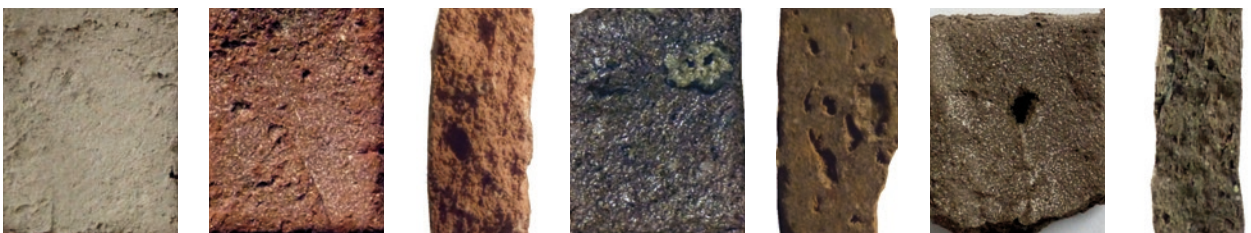
Lutum 14 (Lutum 3 plus zusätzlich kleingeschnittene Kuhhaare)



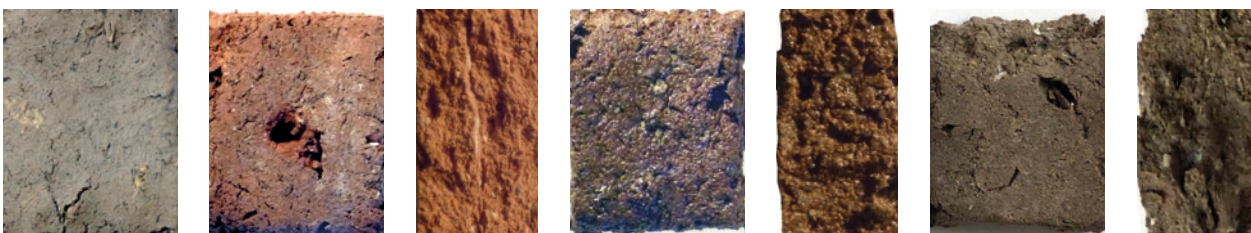
Lutum 15 (Lutum 3 plus zusätzlich Hornspäne)



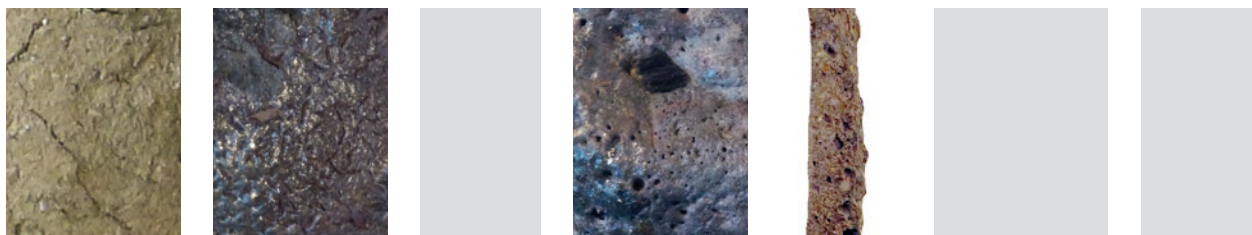
Lutum 16 (Lutum 3 plus zusätzlich Weinessig)



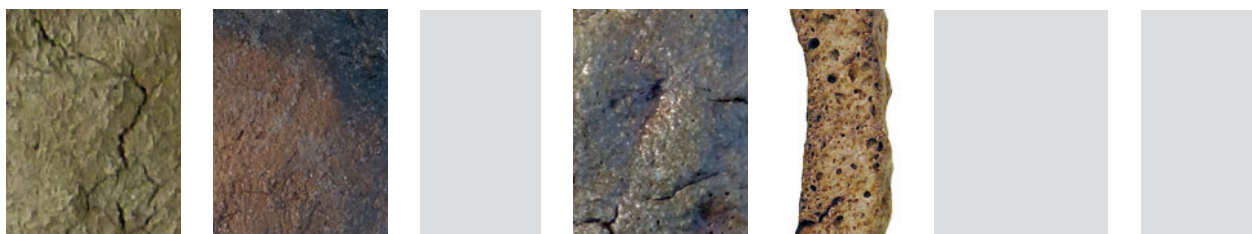
Lutum 17 (Lutum 3 plus zusätzlich Urin)



Lutum 18 (Lutum 3 plus zusätzlich Getreidedreschreste)



Lutum 19 (Lutum 1 und 2, mit Urin, Eselmist, Kuhhaaren, Ei und Salz)



Lutum 20 (Lutum 1 und 2, mit abgeseibter Brühe aus gehäckseltem Eselmist)

Abb. 115: Experiment 3. Die rekonstruierten Lutum-Proben 1–20 getrocknet (Kolonne 1 links), bei 1020 °C oxidierend gebrannt (Kolonnen 2 und 3), bei 1250 °C oxidierend gebrannt (Kolonnen 4 und 5) sowie reduzierend bei 1000 °C gebrannt (Kolonnen 6 und 7). Analysenwerte der Testplättchen s. Tabelle 4. Die breiten Ausschnitte sind Ansichten im M. 1:1; die schmalen Ausschnitte sind Brüche im M. 2:1.

organischen «Lutum-Zuschlägen» zu erzeugen, der dem römischen Lutum an den Tiegeln von Augusta Raurica sehr nahe kommt. Mit diesem Material wurden denn auch die weiterführenden Experimente 4–10 durchgeführt.

Lutum 4–20: Abwandlungen des Rezepts für unser Lutum 3 (Rezept Werkburg mit TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof). Dabei sollten die *Einflüsse verschiedener Elemente resp. Zuschlagstoffe*, die archäometrisch oder in den historischen Quellen nachweisbar sind, auf das Schmelz-, Verschlackungs- und Haftverhalten des Lutums getestet werden. In den empirisch optimierten historischen Rezepten und Analysen erscheinen folgende Elemente resp. Zuschlagstoffe (Tabelle 7):

- **Grundsubstanz (Silizium- und Aluminiumoxide):** Lehm, «zähe Erde», Sand (auch «pulverisierte Kieselsteine»), Tiegel- oder Keramikschamotte, Wasser.
- **Kalziumträger:** Kalk (z. T. ungelöscht), Marmor, Kreide, Gips, Holzasche, Holzkohle, Knochen, Flussspat (ohne Quellenbeleg) sowie in geringerem Umfang: Pferdemit, Kuhhaare, Glaspulver.
- **Eisenträger:** Hammerschlag, Eisenfeilspäne sowie in geringerem Umfang: Holzkohle, Pferdemit.
- **Natriumträger:** Glaspulver (auch «venezianisches»), Salz (Natriumchlorid) sowie in geringerem Umfang: Eiweiss.
- **Kaliumträger:** Pferdemit, (Pott-)Asche, Urin, Holzkohle sowie in geringerem Umfang: Kuhhaare, Eiweiss.
- **Phosphorträger:** Pferdemit, «abgeschäumter Rosskot», Knochen und Knochenasche (Kalziumphosphat), Urin sowie in geringerem Umfang: Leder, Kuhhorn.

- **Schwefelträger:** Tierhaare («Tuchscherwolle», «ausgeklopfte Kuhhaare»)⁶⁴³ sowie in geringerem Umfang: Kuhhorn, Holzkohle, Leder.

Daraus abgeleitet, wurde mit folgenden forcierten Zuschlägen experimentiert, um deren Einflüsse auf das gebrannte Produkt zu beurteilen (Abb. 115):

- Lutum 4:** Ca-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 2 Raumteile *Branntkalk* plus 2 Teile *Kreide*.
- Lutum 5:** Ca-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 2 Raumteile *Holzkohlepulver* plus 2 Teile *Schrot gebrannter Knochen*.
- Lutum 6:** Ca-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 2 Raumteile *Flussspat*.
- Lutum 7:** Fe-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 2 Raumteile *Eisenhammerschlag*.
- Lutum 8:** Na-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 1 Raumteil *Kochsalz*.
- Lutum 9:** Na-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 2 Raumteile *Glaspulver* (s. auch Lutum 12 mit Na-haltigem Eiweiss).
- Lutum 10:** K-angereichert mit 10 Raumteilen Lutum 3 plus zusätzliche 4 Raumteile *Eselmist* (s. auch Lutum 5 mit K-haltiger Holzkohle).

643 Schneider/Zimmer 1984, 32 Abb. 19; 20; 25, beobachteten bei aller technischen Keramik aus griechischen Bronzegiessereien ebenfalls faserige «Magerung» aus Haaren oder Wolle zur Erzielung einer hohen Porosität und Gasdurchlässigkeit.



Abb. 116: Experimente 3 und 4, Lutum. Die vier Tiegel 4g2, 4f2, 4f1 und 4g1 (v. l. n. r.) wurden kurzfristig mit Lutum 19 und Lutum 20 bestrichen, über der Holzkohlewärme eines Schmelzofens getrocknet, mit kleinen Bronzebrocken gefüllt und ins Schmelzfeuer gesetzt (Abb. 120). Das forcierte Trocknen führt erstaunlicherweise zu geringeren Rissen im Lutum als das langsame Trocknen der Lutummischungen 1–3 bei Zimmertemperatur.

- Lutum 11:** K-angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 4 Raumteile *Holzasche*.
- Lutum 12:** K-angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 4 Raumteile *Eiweiss*.
- Lutum 13:** P-angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 2 Raumteile *Schrot gebrannter Knochen*.
- Lutum 14:** S-angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 4 Raumteile kleingeschnittener *Kuhhaare* (müssen relativ feucht und ausgiebig eingeknetet werden).
- Lutum 15:** S-angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 3 Raumteile *Hornspäne*.
- Lutum 16:** Sauer angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 3 Raumteile *Weinessig*.
- Lutum 17:** Basisch angereichert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 4 Raumteile *Urin*.
- Lutum 18:** Organisch gemagert mit 10 Raumteilen *Lutum 3* plus zusätzliche 6 Raumteile *Getreidedruschreste*.
- Lutum 19:** Organisch angereichert mit den historisch meistgenannten Zuschlagstoffen: 4 Raumteile *Urin*, 4 Raumteile *Eselmist*, 2 Raumteile *Kuhhaare*, 2 Raumteile *Ei* und ½ Raumteil *Salz*, eingearbeitet in je 13 Raumteile *Lutum 2* und *Lutum 3*. Diese Mischung wurde auf den Experimentiertiegeln 4f1 und 4f2 aufgetragen und gebrannt (Abb. 116, Mitte [2 Expl.]).
- Lutum 20:** Organisch angereichert mit 1 Raumteil einer Brühe aus *aufgeschlämmtem fein gehäckseltem Eselmist* (Abb. 116, aussen links und rechts), eingearbeitet in je 1 Raumteil *Lutum 1* und *Lutum 2*. Dieser Auszug erwies sich als sehr reich an *Schwefel* (Abb. 117).

Von den *Lutum*-Mischungen 1–18 wurden je vier Testplättchen angefertigt. In den drei Zuständen «getrocknet», «1020°C» und «1250°C» wurden sie mit pXRF analysiert (Tabelle 4); die vierte Serie diente lediglich für einen reduzierenden Brand bei 1000°C (Abb. 115, Kolonnen rechts). Die Ergebnisse sind zusammengefasst folgende (Abb. 115):

Archäometrische Resultate

Zur Frage der Verschlackung und Bläschenbildung des *Lutums* ist es interessant, bei den Analysen der getrockneten und gebrannten Proben ein Auge auf die beim Brand «verdampften» Elemente zu werfen (Tabelle 4 im Anhang). Die Abbildung 117 zeigt die auffallend dezimierten Elemente (Zuschlagstoffe zum Lehm) bei den *Lutum*-Typen 1–20 durch Verdampfung ab 1020°C resp. 1250°C. Die dabei entstandenen Gase scheinen für die Blasenbildung und Verschlackung verantwortlich zu sein.

- Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass in den vergleichenden *Analysen* unserer ersten Mustermischungen *Lutum 1* und *Lutum 2* vor und nach dem Brand der *Schwefel* mit zunehmender Brenntemperatur (und Bläschenbildung) allmählich verschwindet und bei etwas über 1020°C fast ganz verdampft ist (Abb. 117 und Tabelle 4)⁶⁴⁴. Dieses Element muss in diesen beiden zähflüssigen *Lutum*-Massen zur Bläschenbildung geführt haben. Als Schwefelträger kommen laut den überlieferten Rezepten Tierhaare, Kuhhorn und/oder Pferde-/Eselmist in Frage (Chemismus der potentiellen Zuschlagstoffe s. Tabelle 7).
- Unsere später hergestellten *Lutum*-Proben 3–20 erlaubten es, weitere Elemente für die Blasenbildung nach-

644 Darauf machte mich Markus Helfert aufmerksam. – Zu Schwefelverbindungen als Gastreiber in Tonen siehe Worrall 1975, 77.

Lutum	Abnahme ab 1020°C	Abnahme ab 1250°C	Massgebende Zuschlagstoffe
1	–	S	S: Kuhhaare (Eselmist)
2	–	S	S: Eselmist (Getreidemehl)
3	Cl	S	S: Eselmist (Getreidemehl)
4	Mg, Ca	K, Ba, Cl	Ca: Branntkalk, Kreide
5	P, S, Cl	Ca	Ca: Holzkohle; Ca, P: gebrannte Knochen
6	Mn, Cl	Ca, S	Ca: Flussspat
7	Cl	–	Cl: ? (Eisenhammerschlag)
8	Cl (!)	–	Cl: Kochsalz
9	Cl	–	Cl: Glaspulver
10	Cl	Ca, P, S	P: zusätzlicher Eselmist
11	K, Cl	P, S	K: Holzasche
12	Cl	Ca, P, S	Ca, P, S: Eiweiss
13	Mg	Ca, P	Ca, P: gebrannte Knochen
14	Mn, Mg, Ca, K, P, Cl	S	Ca, K, S: zusätzliche Kuhhaare
15	Mg, Cl	P, S	P, S: Hornspäne
16	Mg, Cl	Ca, P, S	Ca, P: Weinessig
17	Ca, Cl	Mg, P, S	Ca, P, S: Urin
18	K, Cl	Ca, P, S	(Getreide-Dreschreste)
19	Cl	–	Cl: Salz (Urin, Eselmist, Ei, Kuhhaare)
20	Mg, S (!), Cl	–	S: wahrscheinlich gelöst in Eselmist-Brühe

Abb. 117: Experiment 3. Die in den 20 Lutum-Testmischungen beim Brand verdampften Elemente (Basis: Tabelle 4 im Anhang). Analysen der verwendeten Zuschlagstoffe s. Tabelle 7.

zuweisen. Aufgrund der signifikanten *Reduktion beim Brennen* des *Lutums* können – je nach Zuschlagstoffen – folgende Elemente für die Verschlackung und Blasenbildung verantwortlich gemacht werden (Abb. 117): *Schwefel, Chlor, Phosphor und Kalium*.

- Interessanterweise führen auch mineralische, *kalzium- und natriumreiche* Zuschläge wie Flussspat, Salz und Glaspulver zu besonders intensiver *Bläschenbildung* (Lutum 6 resp. 8, 9, 15; Abb. 115).

Experimentelle Resultate und Erfahrungen

- Alle Mischungen lassen sich gut kneten. Die Grösse der Hornspäne in Lutum 15 erwies sich als zu gross (Abb. 115, Lutum 15).
- Die von Lazarus Ercker 1580 (Lutum 1) und der aktuellen Arbeitsgruppe Werkburg (Lutum 2; s. oben mit Anm. 157 resp. 169) angegebenen Lutum-Bestandteile und Mengenangaben ergaben funktionierende Materialien für Tiegelüberzüge, welche nach Erwärmung am Tiegel sich ähnlich präsentieren wie die Originalfunde (Abb. 115).
- Bei 1020°C weisen die meisten Proben eine stabil gebrannte, meist relativ poröse Struktur auf und haben sich weder in Form noch Oberflächenstruktur verformt. Ein Brand bei 1020°C festigt jede Lutum-Mischung, ohne bereits stark zu verschlacken, Bläschen zu bilden oder oberflächlich zu verglasen.
- Dies ist auch bei besonderer Zugabe von Flussmitteln nicht anders (z. B. Kalk, Flussspat, Eisen und Asche; Lutum 4 resp. 6, 7 und 11). Bei 1020°C haben sich auch diese Lutum-Mischungen mit zugesetzten Flussmitteln stabilisiert (keramisch gebrannt), aber noch nicht zu verschlacken und zu schmelzen begonnen!
- Bei Arbeitstemperaturen von nur rund 1000°C verklebt das Lutum, egal welcher Zusammensetzung, noch nicht kompakt mit der keramischen Tiegeloberfläche. Dieser Verflüssigungs- und Verklebungsprozess findet erst bei 1100–1400°C statt, d. h. bei Temperaturen, bei denen auch die Tiegelkeramik langsam weich wird (s. die eindrücklichen Beispiele Abb. 118, 4a.4f1.4f2.4g2). Entsprechend höher als 1000°C müssen die Betriebstemperaturen der Antike gewesen sein.
- Erst die hoch gebrannten Muster (1250°C; Abb. 111, oben) zeigten den Verschlackungs- resp. Aufschäumungsprozess (Bläschen im Innern) und eine gewisse – sehr unterschiedlich starke – Verflüssigung des Lutum-Materials (verglaste Oberfläche). Dabei gibt es zuschlagspezifische Unterschiede:
- Eine besonders *starke Verflüssigung* bei 1250°C bewirkt das *Kalzium* in Form von Kalk/Kreide und Flussspat (Lutum 4 resp. 6). Wegen des Abtropfens dieser Mischungen im Schmelzfeuer sind sie *für Tiegel nicht geeignet*, obwohl sie sich mit der Unterlage untrennbar gut verbinden.

- Eine nur *mittelstarke Verflüssigung* zeigen Zuschläge von *Natrium* in Form von Salz oder Glaspulver und allenfalls von *Kalium* in Holzasche (*Lutum* 8 resp. 9, 11).
 - *Formstabil*, aber dennoch innen verschlackt mit Bläschen, bleiben bei 1250 °C *Lutum*-Mischungen mit *Eisen* in Form von Holzkohlepulver, Hammerschlag, Ross- oder Eselmist sowie allenfalls von *Phosphor* in Knochenasche, Urin und Getreidedruschresten (*Lutum* 5 resp. 7, 10, 13, 17, 18).
 - Einige der *Lutum*-Testklötzchen liessen sich gut von der Keramikoberfläche, auf der sie gebrannt wurden, *ablösen* (z.B. *Lutum* 12, 14, 16 und 18) und genügen deswegen den Anforderungen an eine gut haftende Schutz- und Verschleisschicht auf dem Tiegel nicht. Zuschläge mit viel Schwefel oder Kalium, also von Eiweiss, Essig, Getreidedruschresten und höhere Kuhhaaranteile, sind folglich eher kontraproduktiv.
 - Der *Klebeffekt* auf der Unterlage (Tiegeloberfläche) ist bei allen zerfliessenden Mischungen (s. oben) extrem, verbunden mit der Gefahr des Abtropfens. Folgende *kalzium-, natrium-, phosphor- und eisenreiche* Mischungen zeigen nach einer Erhitzung auf 1250 °C *sowohl eine Formstabilität als auch eine so grosse Haftung auf der Unterlage*, dass eine innige, mechanisch nicht lösbare Verbindung entsteht, wie sie bei vielen römischen Tiegeln zu beobachten ist: Holzkohle, Hammerschlag, Glaspulver, Ross-/Eselmist und Urin (*Lutum* 5 resp. 7, 9, 10, 17).
 - Die *Lutum*-Versuche an ganzen Tiegeln mit Bronze im Holzkohlefeuer (Experiment 4, Abb. 118) zeigten aber auch, dass der Klebeffekt stark von der Betriebstemperatur abhängt. Bei *extremer Hitze* verflüssigt sich jedes *Lutum* und verklebt sich innig mit der Tiegelkeramik.
 - Die an den Originalen meist zu beobachtende glänzende *Lutum*-Oberfläche, die Art der Bläschenbildung und der farbliche Charakter des Tiegelüberzugs wurde am ehesten mit den Mischungen *Lutum* 5, 8, 9, 11 und 13 erzielt (Testplättchen Abb. 115). Dafür verantwortlich sind demzufolge etwas mehr Holzkohlepulver, Salz, Glaspulver, Ross-/Eselmist und Knochenasche als in den neuzeitlichen Rezepten «Ercker 1580» und «Werkburg» angegeben.
 - Was mit den *Lutum*-Rekonstruktionen *nicht zu erzielen* war, sind die an Originalfunden gelegentlich zu beobachtende *rötliche* Färbung der Aussenhaut sowie *weissliche* *Lutum*-Schicht. Welche Zusammensetzungen oder sekundären Einflüsse für diese *Lutum*-Bilder verantwortlich sind, konnte nicht eruiert werden.
 - Die experimentell lutierten Tiegel 4a–4g2 kommen jedoch den meisten römischen Originalen bezüglich Struktur, Farbe und Glanz (resp. Mattheit) erstaunlich nahe:
- 4a und 4c: *Lutum* 3, vorgebrannt: Farbe: schwarz; Oberfläche: je nach Temperatur matt-porös, Schlacke aufgebrochen (4c) oder verglast (Abb. 118). Verantwortliche Zuschlagstoffe: Eselmist, Quarzsand und Mehl.
- 4b: *Lutum* 3, nicht vorgebrannt: Farbe: rotbraun bis grünlichgrau; Oberfläche: je nach Temperatur keramisch-matt bis leicht verglast (Abb. 118). Verantwortliche Zuschlagstoffe: Eselmist, Quarzsand und Mehl. Diese Art *Lutum* ist bei wenig stark erhitzten Originaltiegeln oft zu beobachten.
- 4d: *Lutum* 1: Farbe: auf dem *Lutum* grünlich-hellgrau (in Zonen, wo das *Lutum* abgesprengt ist, Tiegeloberfläche dunkelgrau); Oberfläche: stark verglast (Abb. 118). Verantwortliche Zuschlagstoffe: Eselmist, Holzasche, Kuhhaare, Eisenhammerschlag und Glaspulver. Diese Mischung und Behandlung kommt einem Grosssteil der römischen Tiegel *sehr nahe!*
- 4e: *Lutum* 2: Farbe: grünlich-grau-schwarz gescheckt; Oberfläche: je nach Temperatur matt bis verglast (Abb. 118). Verantwortliche Zuschlagstoffe: Eselmist, Quarzsand und Mehl. Ebenfalls den Originalen ähnliches Aussehen.
- 4f2: *Lutum* 19: Farbe: dunkelgrau; Oberfläche: je nach Temperatur blasig aufgequollen oder leicht verglast (Abb. 118). Verantwortliche Zuschlagstoffe: wie *Lutum* 2 und 3, aber zusätzlich mit Trägerstoffen von Phosphor, Schwefel, Chlor und Kalium: Urin, Ei, Kuhhaare und Salz.
- 4g1: *Lutum* 20: Farbe: je nach Temperatur braun über grau bis grünlich-hellgrau; Oberfläche: je nach Temperatur matt-porös bis leicht verglast (Abb. 118). Verantwortliche Zuschlagstoffe: wie *Lutum* 2 und 3, aber zusätzlich mit viel fein geschlammtem Eselmist. An den Originalen sind gelegentlich ähnliche Farb- und Strukturübergänge zu beobachten.
- (die übrigen Experimente mit lutierten Tiegeln verliefen überhitzt und sind für das Aussehen des *Lutums* nicht repräsentativ.)



Abb. 118: Experiment 3: Lutum. Die Tiegel 4a bis 4g2 sind aus verschiedenen Tönen getöpft und aussen mit unterschiedlichen Lutum-Schichten beschichtet worden (s. Text). Wegen verzögertem Einfeuern im Holzkohleherd haben einige Tiegel zu lange zu viel Hitze abbekommen und sich stark deformiert. Die normalen Schmelztemperaturen ausgesetzten Stücke zeigten nach dem Experiment – je nach Lutum-Mischung – eine Oberfläche, die farblich und strukturell (Porosität, Glasur) den Originalen sehr nahe kommt. Tiegelquerschnitte M. 1:2; Lutum-Details 1:1.

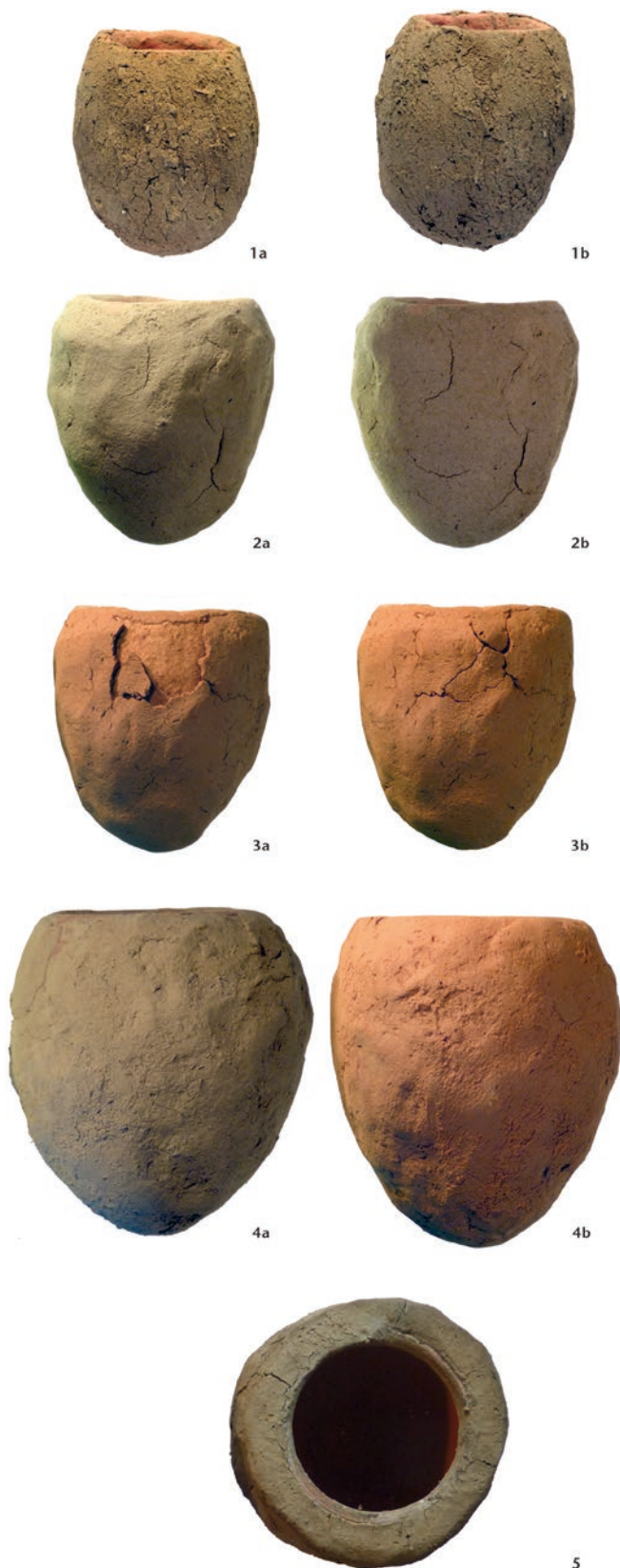


Abb. 119: Rekonstruierte Tiegel des «Normaltyps» von Augusta Raurica mit experimentell hergestelltem Lutum überzogen (s. auch Abb. 120 und 121; noch nicht lutierte Versionen siehe Abb. 113). 3a, 3b und 4b sind bei 1020 °C oxidierend vorgebrannt, die übrigen sind noch nicht gebrannt. 1a, 1b = Lutum 2, getrocknet; 2a, 2b = Lutum 2, jedoch mit TON071, getrocknet; 3a, 3b = Lutum 3, bei 1020 °C vorgebrannt; 4a = Lutum 3, getrocknet; 4b = Lutum 3, bei 1020 °C vorgebrannt; 5 = Lutum 3 (auf grob quarzgemagertem, flachbodigem Tiegel aus dem lokalen TON061) mit verbreitertem Lutum-Rand zur Deckelaufnahme für Experimente 7a–7c. Die TON-Nummern entsprechen den Angaben auf Abb. 74 und 113. M. 1:2.

Experiment 4: Tiegel lutieren, vorgebrennen und brennen

Fragestellung

- Wie wird die *Lutum*-Mischung auf die scheibengedrehten Tiegel aufgetragen?
- Wie wird die oft an den Originalen zu beobachtende *innige Haftung* des *Lutums* auf der Tiegelerkeramik erreicht?
- Muss der Tiegel nach dem Lutieren *vorgebrannt* werden, bevor er ins Schmelzfeuer gelangt⁶⁴⁵?
- Macht es einen Unterschied, ob ein *Lutum* auf einem Tiegel vor dem Schmelzfeuer vorgebrannt wurde oder beim Giesseinsatz erstmals erhitzt wird?
- Wo und von wem wurden die Tiegel lutierte? In der Tiegeltöpferei, in einer lokalen Töpferei oder vom Bronzehandwerker selbst?

Vorbereitungen und Durchführung

Es ist – wie bei Mörteln, Putzen und gewöhnlichen Keramiken – anzunehmen, dass die äussere Schicht zur besseren Haftung auf eine gut *genässte* Tiegeloberfläche aufgetragen und anschliessend langsam getrocknet wird. So wurde auch bei den Tiegelrekonstruktionen vorgegangen.

Zur Abklärung eines allenfalls vorgenommenen Vorbrands der auf dem Tiegel aufgetragenen *Lutum*-Schicht wurden je zwei identische Tiegel von 10 cm Höhe (aus TON 071 von Kaiseraugst-Leimgrueb) sowie drei identische Tiegel von 7 cm Höhe (Repliken aus dem Bestand des Museums Augusta Raurica) mit *Lutum* 3 beschichtet und getrocknet (Abb. 119, 3a–5). Im Experiment kamen alle fünf mit einer modernen 10er-Bronze (90% Cu mit 10% Sn, wenige Verunreinigungen) beschickt ins Schmelzfeuer (Abb. 120).

Experiment 4a⁶⁴⁶: (Abb. 119, 4b; 120) Tiegel vom Augster «Normaltyp», 10 cm hoch, scheibengedreht aus quarzgemagertem TON 071 (Kaiseraugst-Leimgrueb; Abb. 113, 7) und bei 1020 °C oxidierend gebrannt. Anschliessend mit einer Schicht *Lutum* 3 (aus TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof; s. oben) versehen. Auch dieses *vorgebrannt* bei 1020 °C (Abb. 119, 4b). Gewicht Tie-

645 Auf diese Frage wies Hannes Weiss (Aeugst/ZH) hin, dem ich die Motivation zu diesem Versuch verdanke.

646 Beim Leeren des Schmelzofens am 16.10.2013 waren die säublich nebeneinander arrangierten Tiegel (Abb. 120) durch das Zusammensacken der Glut stark durcheinandergeraten. Die direkt nach dem Brand «wiederidentifizierten» Tiegel erwiesen sich bei der Auswertung als nicht mehr mit den ursprünglichen Nummern (Abb. 120) vereinbar. Ein eingehender Vergleich aufgrund der Fotodokumentation der neuen Tiegel sowie des Experiments 4, ferner aufgrund von Tonqualität, Magerung, *Lutum*-Auftrag, Grösse usw. konnten die gebrauchten Tiegel mit den effektiven Stücken zu Experimentbeginn wieder korreliert werden:

ad-hoc-Zuweisung (16.10.2013):	4g1?	4b	4d	4f1?	4f2?	4g2?	4e	4a	4c?
effektive Zuweisung* (31.10.2013):	4a	4b	4c	4d	4e	4f1	4f2	4g1	4g2

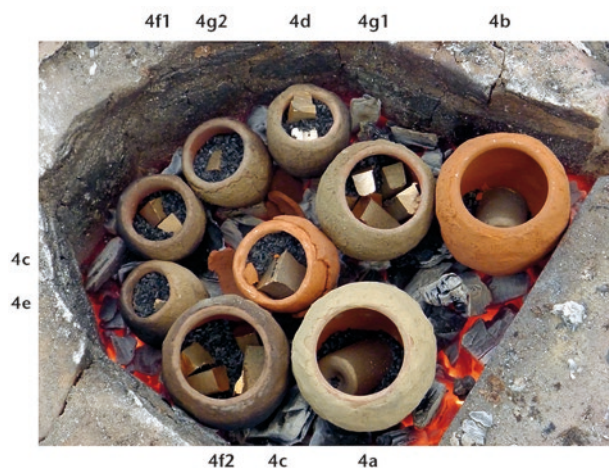


Abb. 120: Die lutierten und teils vorgebrannten Tiegel 4a bis 4g2 vor Experiment 4 im grossen Holzkohleherd mit ihren Positionen. Das bereits glühende Holzkohlebett führte durch den Abbrand – trotz viel Brennmaterialnachschub – zu grösseren «Verschiebungen» und zum teilweisen Abrutschen der Tiegel, so dass diese nach dem Einsatz schwer zu identifizieren waren.

gel mit *Lutum* trocken: 269 g. Beschickt mit 431 g 10er-Bronze.

Experiment 4b: (Abb. 119,4a; 120) Tiegel und *Lutum* wie Experiment 4a, 10 cm hoch, *Lutum* jedoch nicht vorgebrannt. Gewicht Tiegel mit *Lutum* trocken: 319 g. Beschickt mit 430 g 10er-Bronze.

Experiment 4c: (Abb. 119,3a.3b; 120) Tiegel aus Museumsbestand (Replikat; Abb. 113,3.4), handgemacht und gut gebrannt, 7 cm hoch. Anschliessend mit einer Schicht *Lutum* 3 (aus TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof; s. oben) versehen, vorgebrannt bei 1020 °C. Gewicht Tiegel mit *Lutum* trocken: 216 g. Beschickt mit 137 g 10er-Bronze.

Experiment 4d: (Abb. 120) Tiegel wie Experiment 4c, 7 cm hoch, gebrannt, mit *Lutum* 1 (nach L. Ercker 1580, mit TON 071 von Kaiseraugst-Leimgrueb) überzogen, jedoch nicht vorgebrannt. Gewicht Tiegel mit *Lutum* trocken: 172 g. Beschickt mit 135 g 10er-Bronze.

Experiment 4e: (Abb. 119,1a.1b; 120) Tiegel wie Experiment 4d, 7 cm hoch, gebrannt, mit *Lutum* 2 (nach Werkburg, mit TON 071 von Kaiseraugst-Leimgrueb) überzogen, jedoch nicht vorgebrannt. Gewicht Tiegel mit *Lutum* trocken: 169 g. Beschickt mit 94 g 10er-Bronze.

Experiment 4f: (Abb. 116, zwei in der Bildmitte; 120) Zwei Tiegel mit *Lutum* 19 (mit Urin, Eselmist, Kuhhaaren, Ei und Salz) überzogen, der grosse 4f1 aus quarzgemagertem TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof (entspricht Tongruppe 2; aber ohne Magerung; Abb. 113,5), beschickt mit 430 g 10er-Bronze; der kleine 4f2 aus TON 360 von Châtelat (entspricht Tongruppe 1; Abb. 113,9), beschickt mit 135 g 10er-Bronze.

Experiment 4g: (Abb. 116, aussen links und aussen rechts; 120) Zwei Tiegel mit *Lutum* 20 (mit aufgelöster Eselmistbrühe) überzogen, der grosse 4g1 aus TON 360



Abb. 121: Experiment 4: Lutieren von Tiegelreplikaten. Da die auf den getöpferten Tiegel aufgebraute äussere «Verschleisschicht» aus Ton und organischen Bestandteilen – das *Lutum* – beim Trocknen stark schwindet (Bild), können die Risse nachträglich mit zusätzlicher *Lutum*masse ausgebessert werden (Abb. 130,6). M. 1:2.

von Châtelat (Abb. 113,9; entspricht Tongruppe 1), beschickt mit 430 g 10er-Bronze; der kleine 4g2 aus TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof (entspricht Tongruppe 2; aber ohne Magerung; Abb. 113,5), beschickt mit 135 g 10er-Bronze.

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

- Das Auftragen der *Lutum*-Mischung auf die äussere Tiegeloberfläche ist mit beiden Händen auf einer Tischfläche sehr leicht zu bewerkstelligen. Mit etwas Gefühl gelingt es gut, in wenigen Minuten eine relativ regelmässige Schichtdicke von einigen Millimetern zu erreichen, die im Regelfall gegen den Rand ausdünnt (Abb. 119).
- Je nach *Lutum*-Mischung entstehen beim Trocknen grosse oder kleine Risse (Abb. 121). Diese können leicht mit etwas frischem Material ausgebessert und verstrichen werden.
- Die experimentell hergestellten *Lutum*-Überzüge halten auch nach dem Brand (Abb. 122) und im Schmelzfeuer relativ gut an der getöpferten Tiegeloberfläche; das Aufbringen auf nasser Tiegeloberfläche und sorgfältige Verstreichen haben sich also bewährt. Eine besonders innige Haftung wird jedoch erst bei relativ hohen Temperaturen über 1100 °C erreicht und tritt meist zusammen mit einer Verglasung der *Lutum*-Oberfläche auf (Abb. 118; 132,7b; 147,9c/d).
- Als Folge eines Vorbrands löst sich das *Lutum* partiell von der Tiegeloberfläche ab, bleibt aber vorerst haften (Abb. 119,3a.3b.4b). Nicht vorgebrannte Tiegel sind vor dem ersten Schmelzeinsatz im Feuer problemloser handzuhaben, da das getrocknete *Lutum* relativ gut am Kern hält. Nach dem Einsatz im Schmelzfeuer ist kein Unterschied mehr auszumachen.
- Ein Vorbrand mit dem *Lutum* ist wegen seiner Destabilisierung und Loslösungstendenz vom Tiegel also eher hinderlich.



Abb. 122: Experiment 4, lutierte Tiegel. Entnahme eines Tiegels aus dem Feuer mit Hilfe einer eisernen Tiegelzange. Die Bronze soll ausgegossen und der Tiegel abgekühlt werden, um die Farbe und Struktur des Lutums zu beurteilen (vgl. Abb. 118).

- Die Frage, wo und von wem die Tiegel lutiert worden sind, lässt sich im Experiment nicht beantworten. Archäometrisch ist jedoch nachgewiesen, dass Tiegel der Tongruppe 1 (aus der Region Châtelat/BE im Jura) mit Ton aus Kaiseraugst-Zelglihof lutiert wurden (**T4. T46. T528. T552. T587**). Die sekundär, jedoch selten angebrachten Reparaturen an *Lutum*-Überzügen (Abb. 51)⁶⁴⁷ und Verdickungen am Rand zur Aufnahme von Deckeln (Abb. 28) sprechen dafür, dass diese *erst in den Giessereien aufgebracht* worden sind.
- Daher ist es wahrscheinlich, dass die Giesser das *Lutum* selbst herstellten und ihre Tiegel vor der ersten Verwendung im Feuer damit beschichteten. Dafür spricht auch, dass die Giesser denselben lokalen Zelglihof-Lehm für ihre Gussformen verwendet haben⁶⁴⁸.
- Bei allzu grosser Hitze und wenn sich mehrere Tiegel im Schmelzfeuer berühren, können sie mit ihren *Lutum*-Schichten zusammenbacken. Dies ist in Experiment 4 mit drei Tiegeln geschehen (Abb. 120; 123) und in Experiment 7 ebenfalls (Abb. 131).



Abb. 123: Experiment 4. Drei der sechs Tiegel des Experiments sind – dicht nebeneinandergestellt – im Herdfeuer «verbacken», da das äussere Lutum in der Hitze zähflüssig wurde und die Tiegel «zusammenklebte». Dasselbe ist auch in Experiment 7 passiert (Abb. 131).

Experiment 5: Originaltiegel nachbrennen

Fragestellung

- Mit dem Nachbrennen einiger Originaltiegel in oxidierender Atmosphäre bei unterschiedlichen Temperaturen soll abgeklärt werden, ab wann welche Veränderungen stattfinden, um Rückschlüsse auf die antike Brenntemperatur ziehen zu können⁶⁴⁹.
- Mit denselben Nachbränden werden die Veränderungen in reduzierender Atmosphäre, welche die Tiegel bei ihrem letzten metallurgischen Einsatz erfahren haben, rückgängig gemacht. Die so veränderten, mehr oder weniger rötlich gewordenen Proben (Abb. 124) können eher mit den von uns vorbereiteten gebrannten Testplättchen der Tone aus mehreren Dutzend Lagerstätten verglichen werden.

Vorbereitungen und Durchführung

Von jeder archäometrisch ermittelten Tiegeltongruppe (1–5) wurde mindestens ein Fragment bestimmt, das aus konservatorischer Sicht mit einer Diamanttrennscheibe zersägt werden darf. Die Proben wurden vor und nach dem Brand fotografisch dokumentiert (Abb. 124). Ein Teil jedes so beprobten Schmelztiegels wurde im Fundzustand belas-

647 Beispiel aus Avenches/VD: König 2015, 224 Abb. 5, links.

648 Unpubliziert; Analysen Markus Helfert.

649 Auf diese Methode wies mich Markus Helfert hin, der diese Art der Brandabklärung (in 100 °C-Schritten von 700 ° bis 1200 °) an Töpfereiprodukten von Gross-Gerau/D exemplarisch durchgeführt hat (Helfert 2010, 74 Abb. 48). – Zur Methode auch Martínón-Torres / Rehren 2014, 125 f. Abb. 6, 21.



T574 Tiegeleramik = Tongruppe 1



T474 Tiegeleramik = Tongruppe 2



T871 Tiegeleramik = Tongruppe 3



T260 Tiegeleramik = Tongruppe 4



T862 Tiegeleramik = Tongruppe 5

Abb. 124: Augusta Raurica. Das Verhalten der Tiegeleramik der Tongruppen 1–5 nach experimentellem Nachbrand in oxidierendem Milieu. Von den Originalfunden wird links ein Stück im Fundzustand gezeigt (Innenseite), dasselbe aufgesägt mit den beiden oxidierenden Bränden bei 1020 °C resp. 1250 °C und im rechten Bildbreich in doppelter Grösse Schnitte (Tiegelaussenseite jeweils oben). Die Bilder zeigen, dass die Tegel in römischer Zeit in der Regel nicht bis 1250 °C aufgeheizt worden sind, da sich das Lutum an den Originalfunden ansonsten noch viel mehr verflüssigt hätte. M. Scherbenansichten 1:2; M. Schnittflächen 1:1.

sen, eines bei 1020 °C oxidierend gebrannt und eines bei 1250 °C. Es handelt sich um folgende Tiegelfunde:

- Tongruppe 1 (Châtelat-Ton), Tiegel **T574**
- Tongruppe 2 (Kaiseraugst-Zelglihof-Ton), Tiegel **T474**
- Tongruppe 3 (Tonherkunft unbekannt), Tiegel **T871**
- Tongruppe 4 (Tonherkunft unbekannt), Tiegel **T260**
- Tongruppe 5 (Tonherkunft unbekannt), Tiegel **T862**.

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

- Beim Nachbrennen originaler Schmelztiegel aus Augusta Raurica ändert sich bis 1020 °C nicht viel (Abb. 124): Infolge des Sauerstoffs im modernen Brennofen wurden die Scherben aussen und im Bruch rot.
- Die Matrix und die Magerungskörner werden beim Brennen auf 1020 °C noch nicht verändert; sie sind weder verschmolzen noch versintert.
- Auch das *Lutum* – unabhängig vom verwendeten Grundlehm – erfährt bis zu 1020 °C keine strukturelle Veränderung (ausser der Rotfärbung).
- Bei 1250 °C Erhitzung ist eindeutig eine Veränderung gegenüber dem Zustand festzustellen, den der Tiegel bei seinem letzten Feuereinsatz in der Antike erfahren hatte.
- Es ist meist eine Versinterung der Tonmatrix mit der Magerung festzustellen; bei **T871** sind die Quarzkörner sogar leicht mit der Tonmatrix verschmolzen; das *Lutum* ist oft glasig und dunkel verflossen (Ausnahme: **T474**).
- Die antiken Betriebstemperaturen der Tiegel scheinen daher etwa 1000–1200 °C erreicht zu haben. Mit den von uns nachgebrannten Tiegeln wurden Betriebstemperaturen von 1250 °C und höher sicher nicht erreicht.



Abb. 125: 1a–1c = der für die Rekonstruktionen der Tigeldeckel in Experiment verwendete Lehm (TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof): 1a = getrocknet, 1b oxidierend gebrannt bei 1020 °C, 1c = oxidierend gebrannt bei 1250 °C; 2–5 = verschiedene organische Magerungen: 2 = Weizenmehl, 3 = Heuhäcksel, 4 = Strohhacksel, 5 = Spelzreste und Dreschabfälle. M. 1:1.

gelnern Druck aufgebaut wird, der zur «Explosion» führt?

- Welche Zinkkonzentrationen lagern sich beim Messing-Zementationsprozess auf den Deckelober- resp. -unterseiten sowie im Bruch an?

Experiment 6: Zinkdampfdurchlässigkeit der Tigeldeckel

Fragestellung

- Wie, d.h. mit welchen (an einigen Originalen im Bruch erkennbaren) organischen Magerungszuschlägen im TON061 (Kaiseraugst-Zelglihof) wird einerseits die zu beobachtende Porosität und andererseits der auffallend weiche, schwarze Bruch einiger Deckelfunde erreicht?
- Ist diese an gewissen Augster Tigeldeckeln beobachtete Porosität für Zinkdämpfe genügend durchgängig?
- Muss zur Messing-Zementation ein Deckel auf dem Tiegel mit Lehm (*Lutum*) dicht montiert werden oder reicht es, wenn er lose aufgelegt wird? Die Befunde an den Originaldeckeln zeigen keine Spuren von einem Lehmverstrich (Abb. 28 und 51) und sprechen eher für eine lose Verbindung ohne Verkittung.
- Können überhaupt solche Deckel so auf die Tiegelränder lutiert werden, dass der Zinkdampf durch den porösen Deckel entweichen kann, ohne dass im Tie-

Vorbereitungen und Deckelherstellung

Mischen des Grundtons für die handgeformten Deckel nach fünf verschiedenen Rezepten mit folgenden organischen Zuschlägen (*Raumteile*; Abb. 125):

Rezept	TON 061 (Zelglihof)	Weizen- mehl	Heu- hacksel	Stroh- hacksel	Spelz & Drusch
Deckel 1 (auf Tiegel 7e)	10	keine organische Magerung, aber 4 Teile feine Quarzmagerung			
Deckel 2 (auf Tiegel 7a)	10	5		–	–
Deckel 3 (auf Tiegel 7b)	10	2		5	5
Deckel 4 (auf Tiegel 7d)	10	2		2	2
Deckel 5 (auf Tiegel 7c)	10	2		2	2



Abb. 126: Die für die Messing-Zementation in Experiment 7 rekonstruierten Tiegeldeckel D1–D5, in Anlehnung an die Originalfunde (Taf. 29). 2 Kolonnen links: getrocknet; 3. Kolonne und Seitenansichten: oxidierend gebrannt bei 1020 °C; Ausschnitte rechts: Makroaufnahmen im Bruch mit den Negativ-Strukturen der ausgebrannten Magerung (hierzu s. Abb. 28 und 125). M. 1:2 (Details rechts: M. 1:1).

Mit diesen fünf Mischungen wurden je zwei Deckelscheiben geformt (Abb.126,D1–D5, analog den Originalen Taf. 29,**T877** [D1] resp. Taf. 29,**T880.T881**) [D2–D5], getrocknet und anschliessend bei 1020°C oxidierend vorgebrannt (in der Töpferei Christine Burch).

Eine Serie von Deckeln (Abb. 126) wurde nach dem Erstbrand *aufgebrochen* und an den Oberflächen und im Bruch dokumentiert (Abb.126: M. 1:1; Abb.128, Deckel 1–5: M. 10:1). Lässt sich mit einfachen Mitteln und ohne grossen Laboraufwand anhand der ausgebrannten organischen Zuschläge (Hohlräume im Ton) die Art der organischen Magerung rekonstruieren?

Die andere Deckelserie wird weiterverwendet (siehe Experiment 7 mit Abb. 127; 132; 133).

Messingherstellungs-Zementationsprozess (mit Galmei)

Ideal wäre Messing-Zementation in fünf Zementationstiegeln mit vier Deckeln der Rezepte D2–D5 sowie einem Deckel aus TON 061 (Rezept Deckel D1) mit feiner Quarzmagerung. Ziel: Während des Prozesses können die verschiedenen Deckel im Zinkdampf beobachtet (Abb. 135; 136) und anschliessend aufgeschnitten und analysiert werden.

Vorgesehene Dokumentation

1. Buchführung über angewandte Rezepturen während sämtlichen Arbeitsschritten.
2. Fotodokumentation und Beschreibung der fertig gebrannten (und aufgebrochenen) Deckel, die *keinem* Zementationseinsatz ausgesetzt worden sind.
3. Fotodokumentation während des ganzen Zementationsprozesses (Experiment 7).

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Form, Töpferton und *Magerung* der in Experiment 7 verwendeten Tiegel- und Deckelrekonstruktionen entsprechen ziemlich gut den Befunden an den Originalen (Abb. 128).

Die Hitze im Zementationsprozess hat die Deckel – auch wenn sie nicht auflutiert waren (einzige Ausnahme Deckel D5 [Abb. 133]) – fest mit den Tiegeln verbunden (Abb. 127). Sie konnten sogar in grosser Hitze etwas weich werden, was zu einem leichten «Einsacken» ins Tiegellinnere führte (Abb. 132,7a.7d). Die ursprünglich roten, d. h. oxidierend vorgebrannten Deckel (Abb. 126) sind im Prozess grau reduziert worden, selbst auf der «offeneren», d. h. der Ofenatmosphäre ausgesetzten Oberseite.

Die Befunde der *verschiedenen Magerungen* der Deckel 1–5 unterscheiden sich makroskopisch folgendermassen (Abb. 128, Deckel 1–5):

Deckel 1, Magerung Quarzsand: im Bruch nach oxidierendem Vorbrand (1020°C) homogene Tonmatrix mit dicht eingefügten Quarzkörnern; nach Zementationsprozess (Experiment 7e) dasselbe dichte Gefüge, teils mit schwarz reduzierten Zonen, teils mit braunroten Metalloxidflecken.



Abb. 127: Experiment 7d. Detail des nach der Zementation aufgeschnittenen Tiegels mit dem ursprünglich lose aufgelegten Deckel D4 (analog Abb. 130,6.8). Die grosse Hitze und das schmelzende Lutum an der oberen Tiegelmündung haben Tiegel und Deckel miteinander verbunden, so dass die Zinkdämpfe aus dem Galmei (Zinkerz) genügend Zeit hatten, sich mit dem Kupfer zu verbinden. Die Hitze hat auch dazu geführt, dass der Deckel weich wurde und etwas ins Tiegellinnere eingesunken ist. M. 1:1.

Deckel 2, Magerung Weizenmehl: im Bruch nach oxidierendem Vorbrand (1020°C) dünne lagige Klüfte; nach dem Zementationsprozess (Experiment 7a) sind die Klüfte verschwunden (zusammengeschmolzen?), und runde schwarze Flecken durchziehen die kompakte Keramikmasse.

Deckel 3, Magerung Heu- und Strohhäcksel: im Bruch nach oxidierendem Vorbrand (1020°C) amorphe, nicht parallele Klüfte; nach dem Zementationsprozess (Experiment 7b) sind einige Klüfte noch offen, Farbflecken zeigen sich keine.

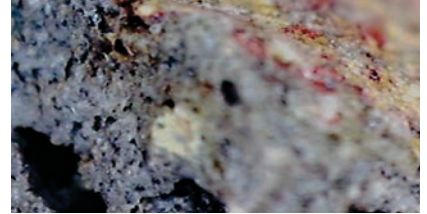
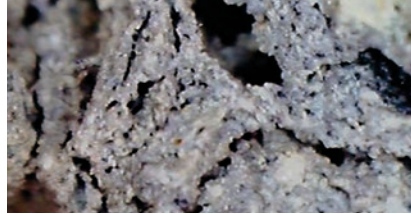
Deckel 4, Magerung vor allem Spelzen/Drusch: im Bruch nach oxidierendem Vorbrand (1020°C) dünne, meist lagige Klüfte, darin weisse Flitter; nach dem Zementationsprozess (Experiment 7d) sind die Klüfte teils noch offen, die weissen Flitter jedoch verschwunden; braunrote sowie gelbe Flecken durchziehen die Masse.

Deckel 5, Magerung Mehl, Heu, Stroh und Drusch: im Bruch nach oxidierendem Vorbrand (1020°C) dünne, meist lagige Klüfte, darin ebenfalls wie bei Deckel 4 weisse Flitter (= verbrannte Druschreste); nach Zementationsprozess (Experiment 7c) sind die Klüfte noch offen und braunrote Flecken durchziehen die Masse.

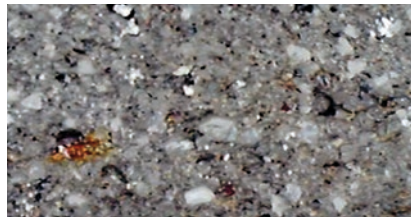
Das Einbringen organischer Magerung führt beim Brand zu *Hohlräumen*, die sich im Fall von Mehl als parallele, wohl dem Lehmknetsprozess entsprechende dünne Klüfte zu erkennen geben (Abb. 128, Deckel 2). Die groberen Heu-, Stroh- und Druschzugaben führen zu amorphen Hohlräumen. Alle Hohlräume tendieren dazu, ab etwa 1100°C wieder zusammenzuschmelzen. Die Drusch-Magerungspartikel sind nach dem Vorbrand auf 1020°C noch als typische weisse Flitterchen in den Hohlräumen zu erkennen, aber auch sie verschwinden bei noch höheren Temperaturen. Mit dem Einsatz solcher Deckel in metallurgischen Prozessen wird ihre Tonstruktur besonders



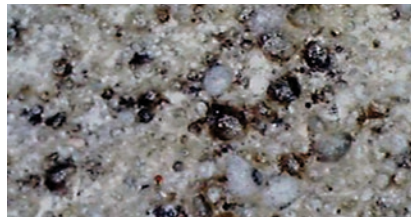
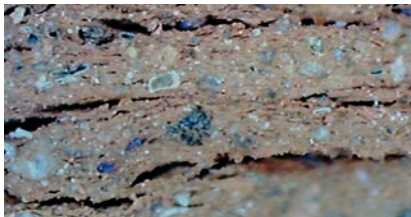
Originaldeckel **T880**



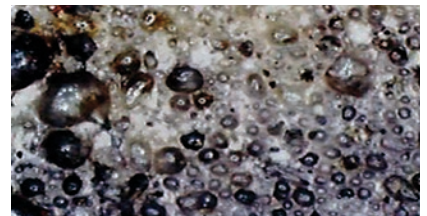
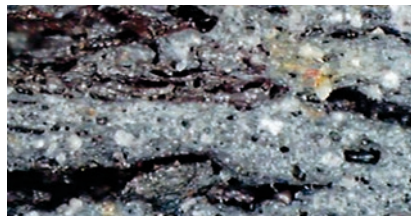
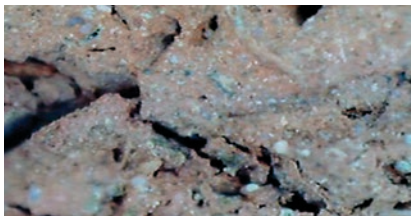
Originaldeckel **T881**



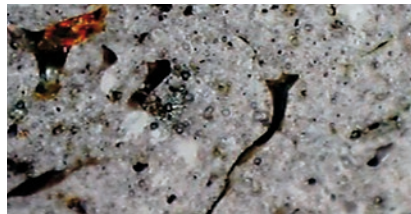
Deckel 1, Magerung: Quarzsand (Experiment 6/7e)



Deckel 2, Magerung: Weizenmehl (Experiment 6/7a)



Deckel 3, Magerung: Heu- und Strohhäcksel (Experiment 6/7b)



Deckel 4, Magerung: vor allem Spelzen/Drusch (Experiment 6/7d)



Deckel 5, Magerung: Mehl, Heu, Stroh und Drusch (Experiment 6/7c)

Abb. 128: Bruchflächen der römischen Tiegeldackel **T880** und **T881** (Abb. 28 und Taf. 29) in drei verschiedenen Ausschnitten sowie der experimentell hergestellten Tiegeldackel 1–5 (Abb. 126) nach dem oxidierenden Vorbrand (linke Kolonne) und in zwei Ausschnitten nach dem Zementationsprozess. Auflichtmikroskop; M. ca. 10:1.

Proben-Nr.	Zn	Cu	Deckel
Exp07a Deckel Oberseite	↓ 1628	265	D2
Exp07a Deckel im Bruch	↓ 15 711	34	
Exp07a Deckel Unterseite (innen)	↓ 18 622	90	
Exp07a Lutum aussen	↓ 1155	322	
Exp07a Tiegel aussen	↓ 78 359		
Exp07a Tiegel im Bruch (Schnitt)	↓ 92 330	83	
Exp07a Tiegel innen	? 27 482	986	
Exp07a (Ø)	33 613	297	
Exp07b Deckel Oberseite	↓ 1557	787	D3
Exp07b Deckel im Bruch	↓ 4236	37	
Exp07b Deckel Unterseite (innen)	↓ 10 780	64	
Exp07b Lutum aussen	↓ 4236	155	
Exp07b Tiegel aussen	↓ 21 144	191	
Exp07b Tiegel im Bruch (Schnitt)	↓ 96 979	891	
Exp07b Tiegel Innenseite	? 56 710	169	
Exp07b (Ø)	27 949	328	
Exp07c Deckel Oberseite	↓ 5040	289	D5
Exp07c Deckel im Bruch	↓ 19 192	76	
Exp07c Deckel Unterseite (innen)	↓ 18 010	86	
Exp07c Lutum aussen	↓ 853	1689	
Exp07c Tiegel aussen	? 135 290	453	
Exp07c Tiegel im Bruch (Schnitt)	? 43 651	50	
Exp07c Tiegel innen	↓ 31 894	36	
Exp07c (Ø)	36 276	383	
Exp07d Deckel Oberseite	↓ 973	1092	D4
Exp07d Deckel im Bruch	↓ 14 071	85	
Exp07d Deckel Unterseite (innen)	↓ 41 745	83	
Exp07d Lutum aussen	? 1614	215	
Exp07d Tiegel aussen	↓ 661	85	
Exp07d Tiegel im Bruch (Schnitt)	↓ 80 121	238	
Exp07d Tiegel innen	↓ 116 103	91	
Exp07d (Ø)	36 470	270	
Exp07e Deckel Oberseite	↓ 1594	189	D1
Exp07e Deckel im Bruch	↓ 4312	85	
Exp07e Deckel Unterseite (innen)	↓ 25 883	175	
Exp07e Lutum aussen	? 11 708	80	
Exp07e Tiegel aussen	↓ 338	66	
Exp07e Tiegel im Bruch (Schnitt)	↓ 13 004	110	
Exp07e Tiegel innen	↓ 43 812	125	
Exp07e (Ø)	14 379	119	
Ø Exp07a-07e Deckel Oberseite	↓ 2158	524	D1-D5
Ø Exp07a-07e Deckel im Bruch	↓ 11 504	63	
Ø Exp07a-07e Deckel Unterseite	↓ 23 008	100	
Ø Exp07a-07e Lutum aussen	↓ 3913	492	
Ø Exp07a-07e Tiegel aussen	↓ 47 158	199	
Ø Exp07a-07e Tiegel im Bruch	↓ 65 217	274	
Ø Exp07a-07e Tiegel innen	? 55 200	281	

Abb. 129: Experimente 6 und 7. Zink-Kontamination während der Messing-Zementation in rekonstruierten Tiegeln (orange) und Tiegeldeckeln (gelb). Die Pfeile weisen auf Stetigkeiten hin, die «?» auf Abweichungen. Die an denselben Stellen ermittelten Kupfergehalte sind vom Zementationsprozess resp. der Aufnahmefähigkeit der technischen Keramik kaum beeinflusst. Werte in ppm; Grundlage: Tabelle 5; pXRF-Analysen Markus Helfert. (Die Ergebnisse werden mit den Zinkgehalten in Tiegeln nach dem Erschmelzen von Messing verglichen und dienen letztlich als Grundlage für die Interpretation unterschiedlich hoher Zinkgehalte in originalen Schmelztiegeln und Deckeln [Tabelle 1].)

stark verändert, einerseits infolge einer Veränderung durch hineindiffundierte Metalloxide (farbige Flecken), andererseits durch unterschiedliche Verflüssigungsphasen in den verschiedenen Deckelbereichen (zu den mikroskopischen Befunden an Originaldeckeln s. oben S. 82).

Nachdem alle fünf Zementations-Experimente 7a–7e durchgeführt werden konnten, hat Markus Helfert die aufgesägten Tiegel und die daran «angebackenen» Deckel an verschiedenen Stellen *analysiert*. In Abbildung 129 sind die entsprechenden *Zinkwerte* zusammengestellt.

Hier sei vorerst das Augenmerk der *Zink-Konzentrationen* auf Experiment 6, also auf die Deckelkeramik, gerichtet (Kontamination der Tiegelkeramik s. unten in Experiment 7). Die schon bei der Analyse der römischen Tiegeldeckel gemachte Beobachtung, dass sich die *Zinkdämpfe sehr gut in den Poren der Keramik ablagern*, aber innen (d. h. auf der Deckelunterseite) und im Bruch viel stärker als aussen (oben), wird durch die Experimente bestätigt (Abb. 129; berücksichtigt auf der Orientierung der römischen Deckel auf Abb. 28 und Taf. 29).

Einzig beim Deckel D5 auf dem Tiegel 7c ist im Bruch etwas mehr Zink vorhanden als auf der Unterseite (Abb. 129:?). Es ist zu vermuten, dass dies entweder mit dem Auflutieren (Abb. 133) oder mit der besonders vielfältigen organischen Magerung von Deckel D5 zu tun hat. Immerhin verleiht das Gemisch von Lehm mit Mehl, Heu, Stroh und Druschresten (s. oben) der Deckelkeramik eine besonders hohe Porosität und Durchlässigkeit für die Zinkdämpfe.

Mit Ausnahme dieses Deckels weisen alle anderen Objekte genau die zu erwartende logische Stetigkeit auf: Auf der dem Zementationsprozess zugewandten Unterseite weisen sie die *höchsten* Zinkkonzentrationen auf (Ø 23 008 ppm, Abb. 129, unten); die Deckelkerne (Brüche) ergeben Zwischenwerte (Ø 11 504 ppm) und auf den oben gelegenen Deckelaussenseiten sind die *niedrigsten* Werte (Ø 2158 ppm) festzustellen.

Experiment 7: Zinkkontamination bei der Messing-Zementation

Fragestellung

Die Herstellung von Messing durch Zementation von metallischem Kupfer mit Zink in Erzform, d. h. vor allem mit Galmei⁶⁵⁰, ist offenbar ein uraltes Verfahren (*calamine pro-*

650 Auch Smithonit resp. Zinkcarbonat. – Zur Charakterisierung: Voigt 1956, 320–324. – Für unsere Experimente verwendeten wir Galmei aus Wiesloch / D, den uns dankenswerter Weise Ludwig H. Hildebrandt zur Verfügung gestellt hat. Es enthält gemäss seiner Analysen 31–rund 71%CaO, 37% Zn, 0,6% Pb, 0,4% As, 0,1% S u. a. (Tabelle 7). Das braun-beige, steinharte Erz wurde mit dem Meissel zerkleinert, in einem eisernen Mörser gestampft und an-

cess), das um 500 v. Chr. irgendwo im Gebiet zwischen Persien, Schwarzem Meer (Pontus-Gebiet) und Kleinasien erfunden wurde⁶⁵¹. Die Zementation wird in den Handbüchern des Mittelalters und der Frühen Neuzeit oft beschrieben⁶⁵². Was meist fehlt, sind jedoch Mengenangaben, Angaben zur Grösse und Beschichtungsweise der Tiegel, zur Menge und Verteilung der Holzkohle zur Erzeugung eines reduzierenden Milieus sowie zur Form und Dichte des Tiegelabschlusses (Deckel, Abdeckung u. a.). In der aktuellen archäometrischen Literatur fehlen zudem Angaben zur Intensität der Zinkkontamination der Tiegel während dieser Zementationsprozesse. Mich interessierten daher vor allem folgende Fragen:

- Lässt sich mit den wenigen historisch überlieferten Mischverhältnissen im kleinmassstäblichen Experiment Messing herstellen? (Genannt werden wiederholt 10 Raumteile Kupfer auf 20 Teile Galmei und 40 Teile Holzkohlepulver⁶⁵³; s. Abb. 130,1–4)
- Ergibt pulverisierter, naturbelassener Galmei ein befriedigendes Resultat oder müsste er vor der Zementation geröstet werden⁶⁵⁴?
- Wie lange Zementationszeiten und wie heisse Temperaturen müssen für einen erfolgreichen Prozess eingehalten werden? (Genannt werden – je nach Quelle – 1–12 Stunden respektive 800–1100 °C.)
- Genügt es für eine ausreichend reduzierende Atmosphäre im Tiegelinnern, die Deckel *lose* auf die Tiegel zu legen (Abb. 130,6.8) oder müssen sie dicht mit *Lutum* auf jenen «festgeklebt» werden (Abb. 133)? Wo entweichen dann die weissen Zinkgase?⁶⁵⁵
- Messing-Zementation in den römischen West- und Nordwestprovinzen lässt sich bisher nur in kleinem (z. B. England⁶⁵⁶, Xanten/D) und in sehr grossem Massstab (Autun/F, Lyon/F) nachweisen (s. oben mit Abb. 29). Spiegeln die Tiegel aus Augusta Raurica eine Messingherstellung «im Mittelformat» wider?
- Entsprechen die von uns gemessenen, teils recht hohen Zinkkonzentrationen (ZnO⁶⁵⁷) in der Tiegelkeramik überhaupt einem Zementationsprozess oder können solche Werte auch durch blosses Erschmelzen von Messing durch das Abdampfen von Zink entstehen (s. auch Experiment 8)?
- Lässt sich durch die hohen Zinkkonzentrationen eine Messingproduktion in Augusta Raurica eindeutig nachweisen oder nur postulieren?
- Ist die Verwendung von Galmei, insbesondere dem von uns verwendeten aus Wiesloch/D (Abb. 130,1.2), als zementiertes Zinkerz im Endprodukt (Tiegel und/oder Messing) anhand der Spurenelement-Konzentrationen nachweisbar?

Vorbereitungen

Da Spuren vermuteter Messing-Zementation in Augusta Raurica sowohl an – manchmal flachbodigen – Tiegeln der Tongruppe 2 als auch an grösseren eiförmigen Stücken der

schliessend grob gesiebt, als Pulver-Sandgemisch unter die Holzkohle und Kupferschnipsel gemischt und so in die Tiegel gegeben (zum vorgängigen Rösten von Galmei s. Anm. 654). – Beim Galmeivorkommen von Wiesloch (und nicht bei jenem von Stolberg/D) handelt es sich vermutlich um jenes, das schon Plinius (*nat.* 34, 2) erwähnt: Sprater 1952, 37; Hildebrandt 2004, 7; Hildebrandt 2005, 401.

- 651 Werner 1972, 78 (mit älterer Lit.). – Zur Zementation in der Antike Forbes 1950, 275–285. – Zum Verfahren generell und dem experimentellen Nachvollzug Ullwer 2001. – Zum Temperaturverhalten des Zinks und zur frühen Messingerzeugung: Greiff u. a. 2012.
- 652 Es würde zu weit gehen, hier eine lange Literaturliste hierzu aufzuführen. Erwähnt seien wegen unmittelbaren Erkenntnissen zu unseren Experimenten: Schindler 1697, 221 f.; Weigel 1698, 315 f.; Moesta 1983, 72 f. (Beschickung des Experimentier-Zementations-tiegelchens portionenweise mit Galmei und Holzkohle, darüber Kupferdrahtabschnitte und darauf mehrere Lagen aus Ton- und Glaspulver, festgestampft als luftdichter Abschluss [ohne Deckel]); Zwicker u. a. 1985, 107 Abb. 23; Rehren u. a. 1993, 312 f. Abb. 11 (Beschickung des Tiegels nicht durchmischt, sondern [von unten nach oben] mit je einer dicken Lage von Galmei, Kupfer und Holzkohle angefüllt, ohne Deckel erhitzt und erst nach dem Flüssigwerden des Kupfers mit einem Eisenstab gut mit dem Galmei durchmischt, zitiert nach den Angaben von Theophilus Presbyter [dazu Brepohl 1987, 198]); Bourgarit/Bauchau 2010; Bourgarit/Thomas 2011, 8 f. Abb. 1; 10. – Kurzer Abriss der Zementationsgeschichte bei Doridot u. a. 2006, 16.
- 653 Dieses Mengenverhältnis wird übereinstimmend in zahlreichen Quellen genannt. Von den vielen historischen Anleitungen zur Messing-Zementation sei hier – vom erwähnten Mengenverhältnis abweichend – einzig Percy/Knapp 1862, 573, zitiert: «Die Beschickung [des Tiegels] besteht aus 1 Centner [47 kg] fein gemahlenem gebrannten Galmei oder gerösteter [Zink-]Blende und 40 Pfund [19 kg] gemahlener [Holz-]Kohle. Beide Zusätze werden trocken innigst gemischt und durch ein Sieb von 8 Maschen auf den Zoll [25 mm] geschlagen, dann am Boden flach ausgebreitet, mit etwa 2 Gallonen [9 ltr.] Wasser besprengt, ½ Stunde stehen gelassen, dann nochmals, aber durch ein weiteres Sieb (8 Maschen auf den Zoll) geschlagen, und mit 66 Pfd. [31 kg] gekörntem Kupfer gemischt. Die Mischung sollte hinreichend feucht sein, dass sie sich mit den Händen ballen lässt. Gewöhnlich setzt man Messingabfälle und altes Messing bis zur Hälfte des Gewichts [bis 15 kg] der Mischung zu. ...» Dieser grossmassstäbliche Prozess erfordert 10 Stunden bei «stufenweise gesteigerter Hitze».
- 654 In Wiesloch/D wurde der Galmei in historischer Zeit vor der Messingerzeugung geröstet, «um die carbonatischen in oxidische Verbindungen überzuführen» (Hildebrandt 1985, 22). – Doridot u. a. 2006, 18 f. Tabellen 1 und 2, zementierten Kupfer in vier Experimenten mit 1) reinem Zinkoxid, 2) mit unbehandeltem Galmei, 3) mit während 30 Minuten bei 400–650 °C geröstetem Galmei und 4) mit solchem nach zwölf Stunden Rösten. Die so erzeugten Messinge enthielten rund 28%, 14%, 23% resp. 31% Zink. Der mit rohem Galmei erzeugte 14%-Zinkanteil entspricht etwa den Werten, die wir in Experiment 7 erzielten (Abb. 137).
- 655 Interessant sind die Experimente mit einer *Sandschicht* statt eines Deckels zur Abdichtung: Doridot u. a. 2006.
- 656 Ob mit den zahlreichen als «galena fragments» bezeichneten Brocken aus dem frühmittelalterlichen York/GB-Coppergate tatsächlich Galmei als Zinkerz gemeint ist, entzieht sich meiner Kenntnis (Bayley 1992, 841).
- 657 Der Metallurge Urs Werner schreibt mir dazu (01.05.2014): «Zink verdampft bei 908,5 °C. Dieser Dampf oxidiert sofort in ZnO, was den weissen Rauch ergibt. Damit haben wir kein Gas mehr. Zn-Gas wäre denkbar innerhalb des Tiegels unter stark reduzierender Atmosphäre, womit dann auch metallisches Zink in der Gefässwand zu finden wäre. Im Kontakt mit Oberflächen, z. B. am Ofen- oder Tiegelrand, setzt sich der Rauch in gelber Farbe ab (Abb. 135) und wird durch Abkühlen weiss (Abb. 136).»

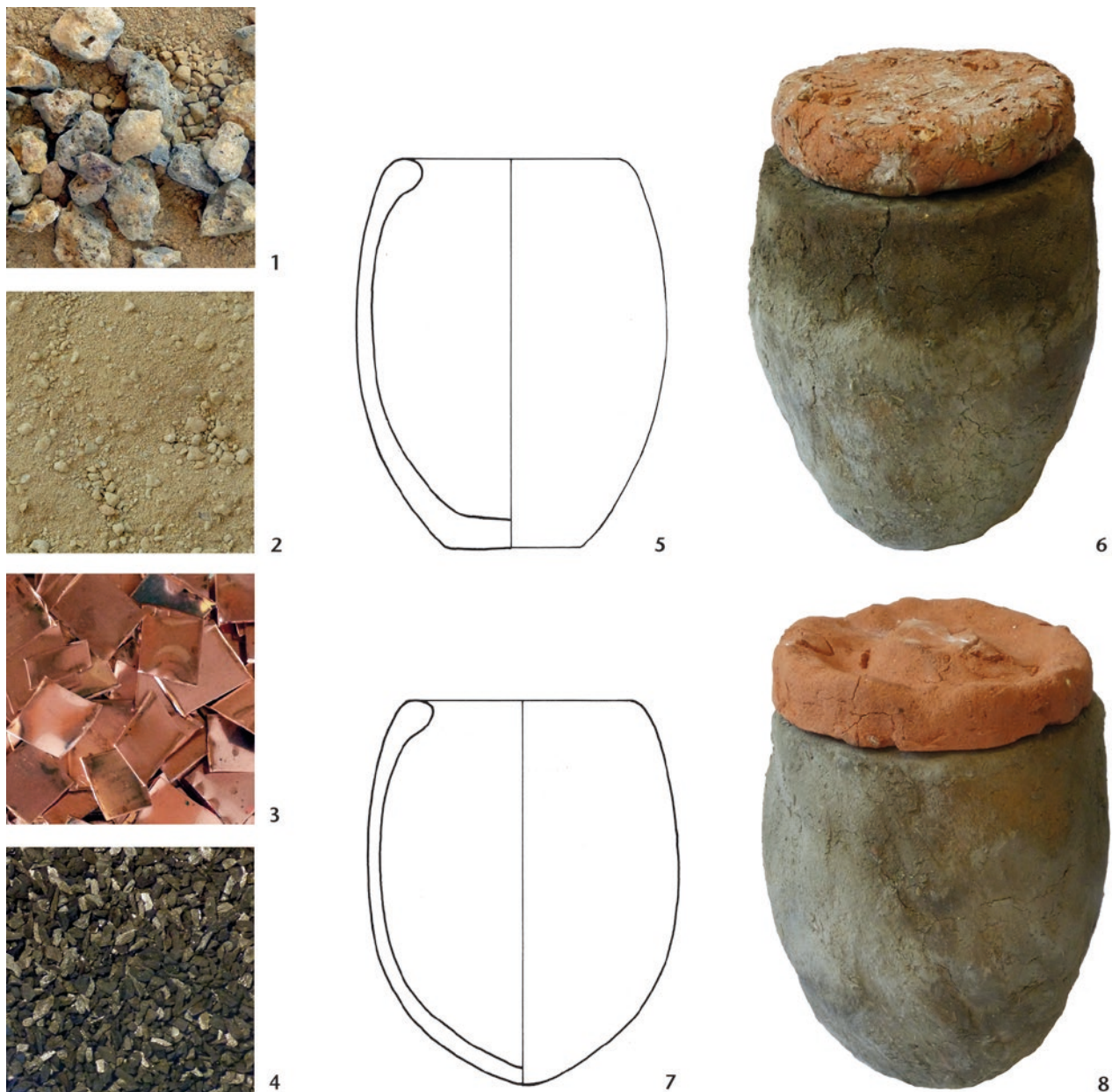


Abb. 130: Links: Die im Zementationsprozess (Experiment 7) verwendeten Ausgangsstoffe: 1 = Galmei von Wiesloch/D, roh; 2 = derselbe gemörsert und grob gepulvert (20 Raumteile); 3 = Kupferplättchen (ca. 10 x 10 x 0,5 mm; 10 Raumteile) und 4 = Holzkohlepulver (Korngrösse <2 mm; 40 Raumteile). Mitte und rechts: Profilzeichnungen und Fotos der verwendeten lutierten Tiegel 7a–7c resp. 7d und 7e mit passenden Deckeln D2.D3.D5 resp. D4 und D1 (dazu Abb. 126). M. 1:1 (Rohstoffe 1–4) resp. M. 1:2 (Tiegel und Deckel 5–8).

Tongruppe 1 analytisch beobachtet werden, haben wir die entsprechenden Experimentiertiegel aus denselben Materialien rekonstruiert:

Tiegel 7a–7c: aus TON061 von Kaiseraugst/AG-Zelglihof (entspricht Tongruppe 2; Abb. 113,11), flachbodig, gebrannt bei 1020°C und anschliessend mit einer Schicht von *Lutum* 3 (s. oben Experiment 3) überzogen. Einem Raumteil des fetten Tons wurden $\frac{1}{2}$ Raumteil feine und $\frac{3}{4}$ Raumteile grobe Quarzkörner (bis 1,5 mm Korngrösse) zur Magerung beigemischt.

Tiegel 7d und 7e aus TON 360 von Châtelat/BE, Stelle E (entspricht Tongruppe 1; Abb. 113,9), eiförmig-spitzbodig, ebenfalls gebrannt bei 1020°C und lutiert.

Die fünf mit leicht variierenden Parametern durchgeführten Versuche 7a–7e sind in Abbildung 134 zusammengestellt.

Vorgesehene Durchführung

Tiegel jeweils vorwärmen. Den ersten Tiegel der Serie (= Experiment 7a) 60 Minuten lang hoch glühend halten, dann abkühlen lassen, dokumentieren, dann aufschneiden und innen dokumentieren und erst bei brauchbarem Ergebnis mit den vier weiteren Tiegeln zementieren (Entscheid: längere oder kürzere oder dieselbe Glühzeit?).

Alle restlichen Tiegel nach dem Prozess dokumentieren (wägen, aufsagen und fotografieren).



Abb. 131: Experiment 7. Teilweise mit dem überhitzten Lutum zusammengebackene Tiegel nach dem zweistündigen Zementationsfeuer, in Aufsicht und Seitenansicht. V.l.n.r.: Tiegel 7a, 7d, 7b und 7c. M. 1:3.

Bei allen Tiegeln Deckeloberseite 2x markieren (Abb. 126), dann mit Diamantfräse mittig-vertikal aufschneiden, Schnittfläche und Inneres dokumentieren.

pXRF-Messungen zur Ermittlung der Zinkgehalte an folgenden Stellen und Flächen:

1. Jenen Tiegel vom gelungensten Experiment: Tiegeleramik innen, beim Rand, in der Bauchmitte, im und unter dem Boden oberflächlich messen (wurde schliesslich an allen fünf Tiegeln durchgeführt).
2. *Lutum*-Oberfläche desselben Tiegels oben, in Bauchmitte und unten oberflächlich messen.
3. Tiegeleramik und *Lutum* desselben Tiegels durch (Diamant-)Fräsen isolieren und separat messen (wurde schliesslich an allen fünf Tiegeln durchgeführt).
4. Alle Deckel D1–D5: separat an Oberseite (markiert!), unten und im Bruch messen.
5. Messing-Regulus in allen Tiegeln: erst wägen, dann an blanker Stelle im Alloy-Modus messen.

Vorgesehene Dokumentation

1. *Fotodokumentation des Füllprozesses* (Tiegel leer, Füllmaterialien Kupferplättchen, Galmei und Holzkohlepulver, gefüllter Tiegel, Tiegel mit aufgesetztem Deckel: Abb. 130).

2. *Fotodokumentation des Zementationsprozesses* (Ofen leer, mit Kohle halb gefüllt, mit erst angewärmtem Tiegel darin, mit glühendem Tiegel darin, beim Herausnehmen [Abb. 131]).
3. Fotodokumentation des (weissen, gelben?) *Rauches*, der *Glühfarben* von Tiegeln und Feuer (Abb. 106; 122; 123; 135, unten) sowie des weissen, aufsteigenden Zinkdampfes (Abb. 135).
4. *Wägen* jedes Tiegels einzeln nach dem Prozess.
5. Wägen des Messing-Regulus und Vergleichen mit der Kupfer-Einwaage; Bestimmen des theoretischen Messinggehalts (Gewichtszunahme); *Analyse* von Bohrproben aus dem Regulus.
6. Fotos der Tiegel nach dem Prozess (vor dem Aufschneiden)
7. Fotos der Tiegelhälften *nach dem Aufschneiden* (auch Details; evtl. Auflicht-Mikroskop).

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Galmei rösten oder nicht? Das Experiment 7 hat mit nicht geröstetem Galmei funktioniert, die Aufbereitung des zähen Erzes zu Pulver ist jedoch sehr arbeitsintensiv. Es wurden so Messinge von 9,5–12% Zinkgehalt gewonnen. Nach der Durchführung von Experiment 7 wurde eine Probe des dort verwendeten Galmei von Wiesloch/D (Anm. 697) während ½ Stunde bei ca. 800°C geröstet und nach dem Abkühlen im Mörser zerkleinert: Der Arbeitsaufwand ist sehr viel geringer als das Pulverisieren von ungeröstetem Galmei! Da auch die Zinkausbeute im Messing mit geröstetem Galmei höher ist⁶⁵⁸, ist zu vermuten, dass das Rösten des Zinkerzes bereits in der Antike bekannt war. Für diese Annahme sprechen auch die hohen Zinkgehalte in römischen Messingen.

Zementationszeiten und -temperaturen: Nach den meisten historischen und experimentier-archäologischen Angaben sollte rund eine Stunde für die Zementation genügen. Deshalb öffneten wir nach 60 Minuten bei Vollglut den ersten Tiegel (7e). Dies erwies sich als zu kurz unter der von uns angelegten Versuchsanordnung: Der Zementationsprozess war im Tiegel 7e erst angelaufen (Abb. 139, 7e). Es ist zu vermuten, dass die Faktoren Befuerung, Einwaage (Kupfer und Galmei) und Schichtung im Tiegel bei unserem Experiment nicht optimal waren.

In den restlichen vier Tiegeln 7a–7d wurde daher insgesamt *zwei Stunden* lang zementiert. Dies führte zu erfreulichen Ergebnissen, war aber immer noch nicht optimal (Abb. 139, 7a.7b.7d). Ob eine Verbesserung der Feuerfüh-

⁶⁵⁸ Doridot u. a. 2006, 18f. Tabellen 1 und 2, erzielten experimentell 14%iges Messing mit ungeröstetem Galmei und 23–31%iges Messing mit geröstetem. – In Messinglegierungen aus Augusta Raurica konnte Josef Riederer (1995, Tab. 16) bis 22,9% Zn nachweisen.



Abb. 132: Experiment 7. Die Tiegel 7a–7d nach der zweistündigen Zementation, vor dem Öffnen. Links Seitenansicht, Mitte Aufsicht mit Deckel; rechts mit der Diamantsäge geöffnet (Reguli s. Abb. 139). Der hier nicht abgebildete Tiegel 7e (Abb. 130,8) war nur eine Stunde im Feuer und hatte noch keinen verklebten Deckel; sein Inhalt war nicht verklumpt. M. 1:2.

nung zu kürzeren Zementationszeiten führt, ist zu bezweifeln. Es gibt jedoch zwei Ansätze, die zu einer wesentlich effizienteren Zementation führen und die auch in der Antike bekannt waren:

1. Optimale Beschickung der Tiegel mit dem dicht zusammengepackten (statt verteilten) Kupfer *über* Galmei und Holzkohle (analog Experiment 7d [Abb. 132,7d; 1397,d]).
2. Zugabe von etwas bereits legiertem Messing in den Zementationstiegel, um eine «Initialzündung» dank tieferem Schmelzpunkt als Kupfer auszulösen⁶⁵⁹.

Im Feuer haben wir maximal 1050 °C gemessen, was für eine erfolgreiche Zementation unabdingbar ist⁶⁶⁰.

Die fünf lutierten und mit Deckeln versehenen Tiegel (Abb. 130,6.8) hielten dem langen Feuer (1–2 Stunden) bei rund 1000 °C relativ gut stand und keiner ist geplatzt (Abb. 132). Das *Lutum* ist dort, wo wir einseitig die Holzkohle zu stark angefacht haben, glasig verschmolzen und an den anderen Stellen zwar gebrannt, aber rissig geworden oder gar abgebröckelt (Abb. 132,7c). Dies ist jedoch auch häufig an den Originalen zu beobachten.

Hitze und Dauer haben auch bewirkt, dass die Deckel nach zwei Stunden *kompakt* mit den *Lutum*- und Tiegelrändern *verklebt* sind (Detail Abb. 127). Darin unterscheiden sich die Experimentiertiegel von den Originalfunden (Abb. 28): Die Originale weisen in der Regel geringfügigere Spuren intensiver Hitzeeinwirkungen und weniger Verklebungen mit den Deckeln auf als unsere Rekonstruktionen. Es scheint, dass die antiken Metallurgen ein gutes Resultat *nach kürzerer Prozessdauer und mit geringerem Holzkohleverbrauch* erzielten als wir Experimentatoren. Ich führe das auf die langjährige Erfahrung und auf die optimale Feuerführung der römischen Handwerker zurück.

Deckel lose aufgelegt oder auflutiert? Zur Abklärung, ob bei einem Zementationsprozess die Deckel auf die Tiegel lose aufgelegt werden können oder ob zur Abdichtung für die Zinkdämpfe die Deckel mit Lehm «aufzulutieren» sind, wurde ein Tiegel (7c) hermetisch verschlossen (Abb. 133), die anderen vier nur lose abgedeckt (Abb. 119,5; 130,6.8). Das Zementationsergebnis war jedoch dasselbe, und man konnte sehen, dass auch die losen Deckel in der Hitze auf den Tiegelrändern «festgebacken» sind (Abb. 127). Der «Zinkgasdruck» in den Tiegeln muss also zu vernachlässigen sein, denn auch der hermetisch verschlossene Tiegel 7c ist beim Zementationsprozess nicht geplatzt. Die Dämpfe können offenbar durch die Poren in der Tiegel- und Deckelkeramik (letztere organisch gemagert!) genügend entweichen und sind dort effektiv auch sehr gut nachweisbar (Abb. 129).

Am Rande und im Zusammenhang mit dem «Zinkgasdruck» sei auf eine Theorie hingewiesen, für die wir jedoch keinerlei Anzeichen beobachten konnten: «Der Dampfdruck im Inneren des Tiegels führte [beim Zementationsprozess] zum Aufschäumen der Schlacke, die sich



Abb. 133: Experiment 7c. Der einzige Zementationstiegel, der mit auflutiertem Deckel ins Feuer kam, um zu prüfen, ob dies nötig sei, damit die Zinkdämpfe weniger gut entweichen und umso länger im Zementationsmilieu im Tiegelinnern von den Kupferoberflächen aufgenommen werden können. Das Bild zeigt den lutierten Tiegel mit dem vorgebrannten Deckel und dem Verschluss, bevor er ins Zementationsfeuer kam. M. 1:2.

an schwachen, möglicherweise auch gerissenen Stellen einen Kanal durch die Tiegelwand bahnte und die typischen blasenhaltigen, rotbraunen Schlackenansätze auf der Aussenseite erzeugte»⁶⁶¹. Ich vermute, dass diese «Schlackenansätze» nichts anderes sind als aufgequollenes *Lutum*-Material.

«Zinkrauch» und Gewichtsverlust: Der Gewichtsverlust der vollen Tiegel während des zweistündigen Zementationsprozesses beträgt 9–12% (Abb. 134). So viel Gase und Zinkoxiddämpfe entweichen den Tiegeln.

Diese konnten nicht als «weisser Zinkrauch» beobachtet werden, aber als *leuchtend gelber Niederschlag* im oberen Bereich des Schmelzofens (Abb. 135, Mitte; s. Anm. 657). Diese gelben Zinkniederschläge bildeten sich auch auf Tiegel- und Deckelrändern (Abb. 135, unten), verfärbten sich jedoch nach dem Abkühlen *weiss* (Abb. 136). An den römischen Originalen können hingegen weder gelbe noch weisse Niederschläge beobachtet werden⁶⁶².

⁶⁵⁹ Dies vermuten auch Telle/Thönnissen 2006, 83, und Picon 2007, 10.

⁶⁶⁰ Telle/Thönnissen 2006, 82, gehen von einer Messingschmelztemperatur (Initialtemperatur?) bei der Zementation von etwa 1050 °C aus (s. unten).

⁶⁶¹ Telle/Thönnissen 2006, 82.

⁶⁶² An den Aussenseiten der grossen Zementationstiegel aus Lyon/F konnte dies jedoch noch beobachtet werden (Picon 2007, 10, «blanche ou jaunâtre»).

Exp.	Tiegelton	Tiegel leer (vor Exp.)	Deckel (alle TON 061)	Deckel- Magerung	Galmei	Kupfer	Holz- kohle	Gewicht tot. vor Exp.	Gewicht tot. nach Exp.	Ge- wichts- verlust	Zemen- tations- dauer	Bemerkun- gen (Charge etc.)
7a	TON 061, stark gemagert	440 g	D2, 100 g	Mehl	48 ml	24 ml (187 g)	96 ml	894 g	796 g	11,0%	2 h	alles durch- mischt
7b		471 g	D3, 87 g	Mehl, Heu, Stroh	48 ml	24 ml (187 g)	96 ml	886 g	810 g	8,6%	2 h	alles durch- mischt
7c		479 g	D5, 100 g	Mehl, Heu, Stroh, Drusch	60 ml	30 ml (232 g)	120 ml	867 g	766 g	11,6%	2 h	alles durch- mischt, Deckel auflu- tiert
7d	TON 360	375 g	D4, 99 g	Drusch und Spelz	48 ml	24 ml (187 g)	96 ml	804 g	725 g	9,8%	2 h	Kupfer oben (Abb. 138)
7e	TON 360	364 g (nachher 312 g)	D1, 99 g	Quarzsand	48 ml	24 ml (187 g)	96 ml	805 g	622 g (o. Ho- ko)	<22,7%	1 h	alles durch- mischt

Abb. 134: Experiment 7. Mengenübersicht der fünf Tiegel, ihrer Deckel und ihrer Chargen (Abb. 126 und 130).



Nach Einsetzen des gelben Niederschlags waren über den Zementationstiegeln starke *blaue Flammen* zu beobachten, die in auffallend dünnen, vertikalen Säulen aufstiegen (Abb. 135, oben). Nach Urs Werner ist dies auf das Kupfer zurückzuführen, das bekanntlich in Form kleiner dünner Blechsnipsel mit grösstmöglicher Oberfläche in die Tiegel gepackt worden war (Abb. 138).

Zinkaufnahme im Kupfer: Im Tiegel 7e wurden 187 g Kupfer mit 48 ml Galmei zementiert, allerdings nur während *einer* statt zwei Stunden wie bei den übrigen Versuchen. Der Prozess war nach einer Stunde bei 1050 °C Holzkohle-Glutwärme *nicht abgeschlossen* (obschon der weisse Niederschlag der Zinkdämpfe gut zu sehen ist [Abb. 136, unten]). Daher wurden, wie erwähnt, alle anderen Tiegel *zwei Stunden* lang bei gut 1000 °C gehalten. Das noch nicht zu einem Regulus verschmolzene Metall aus Tiegel 7e (Abb. 139, 7e) wiegt 211 g, ist also 24 g schwerer als die Kupfereinwaage und hat somit 24 g Zink aufgenommen. Dies ergäbe theoretisch eine Legierung von 11% Zink in 89% Kupfer. Effektiv sind die dem Tiegel 7e entnommenen Metallkonglomerate zinkreicher, zumindest an ihren Oberflächen: Die Analysen an fünf Fragmenten ergaben 15,6% bis 22% Zn. Würde man die unterschiedlich stark zementierten Tropfen und Reguli zur *Homogenisierung* in einem weiteren Arbeitsgang zusammenschmelzen, so erhielte man ein relativ *konstantes* Messing, das bei unserer Versuchsanordnung durchschnittlich etwa 9,5% Zink enthält (Rest Cu; Abb. 137).

Abb. 135: Experiment 7. Die während des Messing-Zementationsprozesses beobachteten Farben und Dämpfe. Oben eine tiefblaue Flamme (vom Kupfer) züngelt aus dem Loch in der Ofenabdeckung; Mitte: ein gelber Belag (vom Zinkoxid) hat sich am Rand dieser Abdeckung niedergeschlagen; unten: zwei Zementationstiegel weisen – noch im Feuer stehend – in den Fugen zu den Deckeln ebenfalls gelbe Zinkoxid-Beläge auf, die sich nach dem Abkühlen weiss verfärbten (Abb. 136).



Abb. 136: Experiment 7. Oben: Unterseite (= Tiegelinneres) des Deckels D1, der auf Tiegel 7e (unten) während des einstündigen Zementationsversuchs aufgelegt war (was sich als zu kurz erwies, wie der noch kaum veränderte Tiegelinhalt unten zeigt). Das reduzierende Milieu im Tiegel hat den Deckel schwarz verfärbt, nur an der Peripherie, die auf dem Tiegelrand auflag, blieb der Ton rotbraun. Die weissen Flecken unten am Deckelrand sowie auf dem Tiegelrand stammen vom entweichenden Zinkdampf resp. Zinkoxid (vgl. Abb. 135). M. 1:1.

Offenbar ging in den Tiegeln 7a und 7c Metall verloren (durch Kupferabbrand?) oder wurde nach dem Öffnen der Tiegel übersehen, denn die Reguli waren nicht schwerer als das eingewogene Kupfer (Abb. 137). Die Analysen der Reguli beweisen jedoch, dass die Zementation stattgefunden hatte, denn sie ergaben im Einzelnen Zinkgehalte zwischen 6,3% und 14,9%. Die Gewichtszunahme der Reguli-Teile in Tiegel 7b in Bezug auf die Kupfereinwaage (8%) ergibt praktisch denselben Zinkanteil, wie er an den Reguli analytisch festzustellen war (7,2%; Abb. 137).

Wenn wir von den einzeln gemessenen Regulus-Teilchen der Experimente 7a–7d die *Mittelwerte* berechnen und die Zusammenschmelze aller Teilchen von Tiegel 7e erneut analysieren, konstatieren wir Zementationsergebnisse von Messingen mit 7,2% bis 12,5% Zink (Abb. 137). Durch nochmaliges Zusammenschmelzen dieser Teilchen erhielt man homogene Legierungen mit den errechneten Durchschnittszinkanteilen von $\pm 10\%$. Bereits in der Antike wurden jedoch Messinge mit viel höheren Zinkgehalten produziert⁶⁶³.

Beschickung und Regulus-Bildung: In den zwei Stunden Zementationsdauer haben die Kupferplättchen zwar oberflächlich Zinkdämpfe aufgenommen und lokale Messinglegierungen gebildet (Abb. 139), doch zum Zusammenschmelzen kam es nicht (Abb. 132, 7a–7c). Dafür ist entweder die zu geringe Prozesstemperatur oder eine falsche Beschickung der Tiegel verantwortlich (s. oben). Der Tiegel 7d enthielt jedoch *einen* zusammengeschmolzenen, massiven Messing-Regulus von 206 g Gewicht (Abb. 132, 7d; 139, 7d)! Dies ist auf die offenbar optimale Beschickung dieses Tiegels zurückzuführen mit dem Holzkohle- / Galmei-Gemisch unten und *allen* Kupferplättchen *oben*, und dabei optimal den Zinkdämpfen ausgesetzt (Abb. 138).

Eigentliche, voll *durchgeschmolzene* Reguli mit verrundeten Formen haben sich nur wenige gebildet, denn viele der quadratischen Kupferplättchen haben ihre Form behalten und konnten nicht mit den Nachbarplättchen zusammenschmelzen (Abb. 139). Die eigentlichen Reguli sind entweder kleine Kügelchen (Abb. 139, 7b.7c.7e), längliche kleine Klumpen (Abb. 139, 7b.7e) und in einem Fall ein einziger, grösserer Regulus (Abb. 139, 7d).

Die *noch plättchenförmigen* Teile zeigen aber immer, dass das Kupfer angeschmolzen und in den Zinkdämpfen zu goldfarbenem Messing legiert ist (Abb. 139) – mal noch etwas rötlich, mal hell messingfarben.

663 Dazu äussern sich sehr viele Autoren. Riederer 1995, 163 Tab. 16, konnte an Halbfabrikaten und Werkstattabfällen aus Augusta Raurica bis zu 22,9% Zink nachweisen (s. auch Anm. 658). – Percy / Knapp 1862, 574, nennen folgende Zahlen zur Ausbeute bei der frühindustriellen Messing-Zementation: Messingausbeute etwa doppelt so schwer wie das eingesetzte Kupfer; erzielter Zinkanteil im Messing ca. 1/3; Messinggewicht entspricht etwa dem eingesetzten Galmeigewicht; «Verlust» ca. 2–3%.

Exp.	Einwaage Cu	Reguli total	Gewichts-Zunahme	Zn-Anteil theoretisch	Zn-Anteile in Reguli ¹	Zn-Anteil Ø analysiert	Zementationsdauer	Bemerkungen
7a	187 g	189 g	2 g	1%	12,21% 13,58% 14,92% 9,42%	12.5%*	2 h	Unerklärlicher Verlust
7b	187 g	203 g	16 g	8%	7,72% 7,30% 6,33% 7,61%	7.2%*	2 h	Ergebnis wie erwartet
7c	232 g	147 g	-85 g	-	11,99% 11,17% 12,64%	11.9%*	2 h	Unerklärlicher Verlust
7d	187 g	206 g	19 g	9%	7,20% 7,17% 7,79%	7.4%*	2 h	Ergebnis in 1 Regulus
7e	187 g	211 g	21 g	11%	16,52% 19,43% 18,10% 21,97% 15,59%	9.5%** (in der Zusammenschmelze)	1 h	Zementation unvollständig

Abb. 137: Experiment 7. Zusammensetzung der zementierten Messinglegierungen. *) Oberflächenmessungen (teilweise an erst angeschmolzenen Kupferplättchen); **) Durchschnittswert, gemessen an der Zusammenschmelze aller fünf Reguli. Messungen Markus Helfert; Grundlage: Abbildung 129 und Tabelle 5).

Unsere Beobachtung heterogener Reguli und angeschmolzener Kupferteile mit «vermessigten» Oberflächen (Abb. 139, 7a.7b.7e) ist wegen des hohen Schmelzpunktes von Kupfer auf zu geringe Zementationstemperaturen und / oder auf zu grosse Abstände zwischen den Kupferplättchen im Tiegel zurückzuführen⁶⁶⁴. Die Kupferplättchen scheinen im Tiegel – ausser in 7d – zu weit verstreut eingebracht worden zu sein, so dass sie nicht zu einem zentralen Regulus zusammenschmelzen konnten. Wie wir oben feststellen mussten, bringt die *Konzentration* des Kupfers *oben* im Tiegel bessere Resultate (Abb. 138).

Die von uns analysierten *Einzelteile* aus den Zementationstiegeln *schwanken* erwartungsgemäss sehr in ihren Zinkgehalten (Abb. 137). Wollte man daraus Messingobjekte giessen, würden die Teile natürlich zusammengeschmolzen und dadurch homogenisiert (analog zum Barren in 7e [Abb. 137]).

Um *einheitliche Messinge* zu produzieren, mussten also die Reguli mehrerer Zementationstiegel durch sekundäres Zusammenschmelzen homogenisiert werden.

Im Nachhinein wäre es sinnvoll gewesen – und ist wahrscheinlich in der Antike auch praktiziert worden – den Tiegeln auch etwas *fertiges Messing beizugeben*, um den Prozess durch Herabsetzung der Schmelztemperatur zu beschleunigen (s. oben). Wenige historische Quellen erwähnen diese Zusetzung von Messing⁶⁶⁵.

Zinkkontamination in der Tiegelkeramik bei der Messing-Zementation: Die nach den Experimenten aufgesägten Tiegel (Abb. 132, rechts) wurden jeweils an sieben Stellen analysiert: dreimal am Deckel (s. oben bei Abb. 129) und viermal am Tiegel. Von aussen nach innen sind dies die Stellen «*Lutum* aussen», «Tiegel aussen», «Tiegel im Bruch (Schnitt)»

und «Tiegel innen». Ähnlich wie oben bei den Deckeln festgestellt, nimmt der Zinkgehalt vom Tiegelinnern zur Peripherie (aussen) ab (Abb. 129): So betragen die Durchschnittswerte für Zink aller fünf Zementationstiegel 3913 ppm aussen auf dem *Lutum*, 47 158 ppm aussen auf der Tiegeloberfläche (unter dem *Lutum*) und 65 217 ppm in der Tiegelkeramik im Bruch. Die Werte auf der inneren Tiegelerwand liegen nahe daran (Ø55 200 ppm), mal etwas höher als im Bruch, mal etwas tiefer⁶⁶⁶.

Diese Inkonsistenz ist bei den Tiegeln 7a, 7b und 7c zu beobachten. In zwei Fällen wurden auf dem *Lutum* höhere Werte als auf der Tiegelkeramik gemessen, so bei 7d und vor allem bei 7e (Abb. 129). Diese Abweichungen sind weder mit der Tiegelcharge noch mit den Deckeln noch durch den Experimentablauf zu erklären.

Völlig atypisch ist das Zink in Tiegel 7c verteilt (Abb. 129). Die höchste Konzentration aller 35 Messungen

664 Die Bildung vieler loser Tropfen und teilweise ebenfalls nicht ganz geschmolzener Kupferteile mussten auch Doridot u. a. 2006 (19 Abb. 6) beobachten. Dies bestärkt die Vermutung, man habe in der antiken und historischen Messingproduktion jeweils alle metallischen Inhalte der Zementationstiegel nochmals zusammengeschmolzen, um zu einem homogenen Messingbarren zur Weiterverarbeitung resp. für den Handel zu kommen.

665 Percy / Knapp 1862, 573, zitiert in Anmerkung 653.

666 Noch detaillierter hat dies Frédéric Adamski (2008, 188 f. Abb. 12.4–12.5; Tab. 12.3–12.4) an zwei Zementationstieglfragmenten aus Bordeaux/F untersucht. Zwei Reihenanalysen quer durch die Tiegelerwand mit sieben resp. drei Messstellen ergaben von aussen nach innen in einem Fall 3,3 ... 19,8% Zn und im anderen 0,6 ... 5,9% Zn. Die Kontinuität der Zinkzunahme von aussen nach innen ist recht deutlich.



Abb. 138: Experiment 7d. Oben: Oberseite des Deckels D4; unten: Tiegel 7d mit den über einem Holzkohle- / Galmei-Gemisch eingebrachten Kupferplättchen. Beides vor dem erfolgreichen zweistündigen Zementieren im Holzkohlefeuer. Nur die hier gezeigte Chargierung des Tiegels mit allem Kupfer oben (und, hier nicht sichtbar, dem mit Holzkohle vermischten Galmei darunter) führte zu einem kompakten Messing-Regulus (Abb. 139, 7d). M. 1:1.

von Experiment 7 überhaupt wurde auf der Messfläche auf der Tiegelaussenseite ermittelt, und im Innern fand sich ein viermal kleinerer Wert. Tiegel 7c ist zwar der einzige im Experiment, dem der Deckel mit *Lutum* aufgeklebt war, aber das mag nicht der Grund für die ungewöhnliche Zinkverteilung sein.

In Abbildung 129 sind auch die Kupferkonzentrationen der Tiegel 7a–7e aufgeführt. Sie sind so gering und so heterogen verteilt, dass man annehmen kann, das Zink sei beim Zementationsprozess zwar wegen seiner Verdampfung überall eingedrungen (Abb. 112 und 136), das Kupfer jedoch gar nicht. Diese Beobachtung deckt sich mit unseren

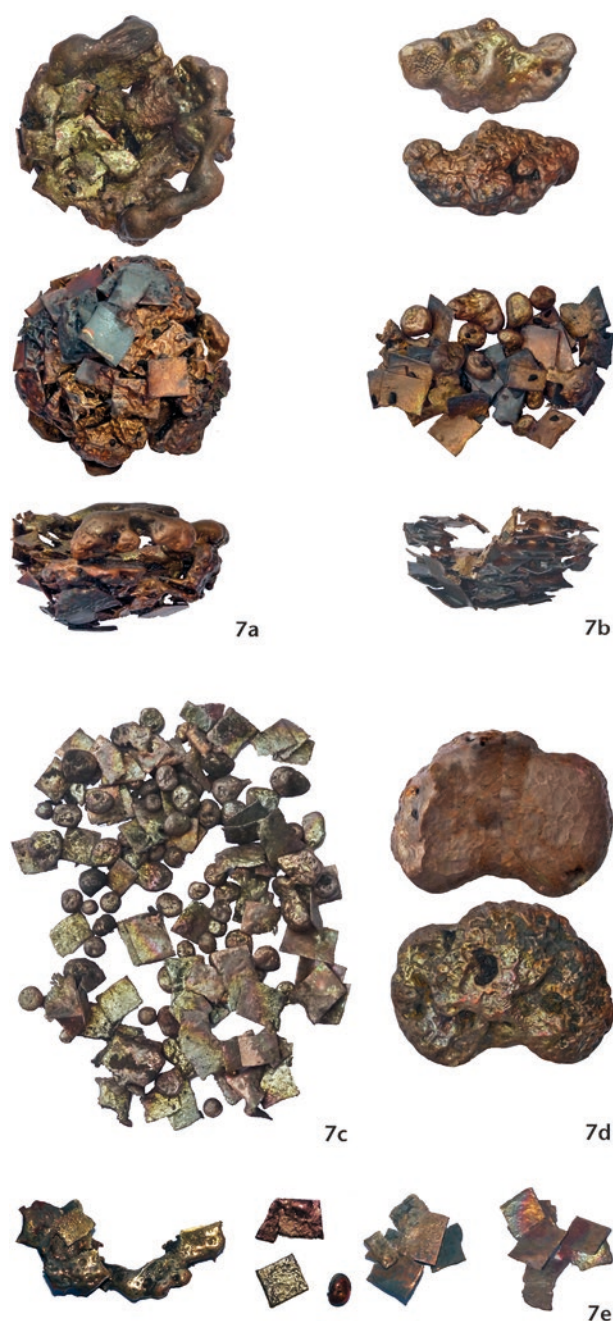


Abb. 139: Experiment 7. Die Reguli resp. Metallteile aus den fünf Tiegeln 7a–7e nach dem Zementationsprozess. Im minimalen Fall (7c, 7e) sind die quadratischen Kupferplättchen (Abb. 130, 3) oberflächlich «vermessingt»; etwas fortgeschrittener (7a, 7b) sind sie teils im Tiegelboden zu einem halbkugeligen, heterogenen Messingkonglomerat zusammengebacken, teils zu Kügelchen und Reguli zusammengesmolzen, und im optimalen Fall (7d) ist ein einziger kompakter Regulus entstanden (vgl. Abb. 132, rechts). M. 1:2.

Beobachtungen an originalen Tiegeln, Lehmbröcken und Gussformen, wo Zink und Blei gut nachweisbar sind, Kupfer und Zinn aber sehr viel weniger.

Sind galmeispezifische Rückstände archäometrisch nachweisbar? Der Nachweis einer Messingproduktion durch Zementation von metallischem Kupfer mit einem Zinkerkz ist das eine. Der Nachweis, welches Erz verwendet wurde, dürfte umso schwieriger sein.

Material	Experiment	Tiegelton	Zn (ppm)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	S (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
Galmei Wiesloch (Ø)	7 (s. Tabelle 7)		375 776	55	27	10	1132	2977	5865
Tiegelton 061 roh (Ø)	1 & 2 (s. Tabelle 3)	(Kaiseraugst-Zelglihof, gemagert)	272	68	18	5	310	–	35
Tiegelton 360 roh	1 & 2 (s. Tabelle 3)	(Châtelat)	214	67	20	7	70	–	12
Lutum 3 roh	3 (s. Tabelle 4)	(Lutum wie Rezept 2, mit TON 061)	97	82	11	3	533	–	12
Zementationstiegel und -deckel (Ø aus Tablle 5)	7a	TON 061	33 613	64	16	7	8982	30	247
	7b	TON 061	27 949	66	15	7	5336	53	350
	7c	TON 061	36 276	64	15	6	4075	20	139
	7d	TON 360	36 470	62	18	8	4202	114	1095
	7e	TON 360	14 379	66	15	7	3254	207	65

Abb. 140: Experiment 7. Hauptkomponenten und ausgesuchte Spurenelemente der verwendeten Materialien und Tiegel. Detailwerte an Tiegeln von Experiment 7 siehe Tabelle 5. pXRF-Messungen Markus Helfert.

Der von uns benutzte Galmei von Wiesloch / D enthielt um 31–45% Zink (Abb. 140 und Tabelle 7). Die mineralischen Komponenten treten dabei in den Hintergrund: 52–56% SiO₂, 23–33% Al₂O₃ und 8–13% Fe₂O₃.

Interessant sind die *Spurenelemente im Galmei*, vor allem von Metallen, die auch in der zementierten Messinglegierung nachgewiesen werden könnten, aber auch von Schwefel. Es sollen vor allem die Spuren von Cadmium und Blei betrachtet werden, wovon der Wiesloch-Galmei 2050–4310 ppm Cd und 5478–6339 ppm Pb enthält (Tabelle 7).

Die für die Tiegel des Experiments 7 verwendeten Tone 061 und 360 sowie das rekonstruierte *Lutum 3* enthalten diese Spurenelemente Cd, Pb und Zn sowie S bedeutend weniger bis gar nicht (Abb. 140). Die im Experiment 7 *eingesetzten Tiegel* enthielten diese drei Metalle jedoch in hohen Konzentrationen: So ist *Zink* in den Zementationstiegeln im Schnitt 78× mehr vertreten als im Schnitt der rohen Keramik, *Blei* 6,6× stärker und das galmeitypische *Cadmium* liegt bei den Tönen gar unter der Nachweisgrenze. Diese drei Elemente Zn, Cd und Pb können daher nur aus dem zugesetzten Galmei stammen.

Ganz speziell verhält sich der *Schwefel*. Er ist im Galmei zwar deutlich vorhanden und in den Tönen sehr gering. In den fünf Tiegeln nach dem Zementationsprozess jedoch liessen sich Schwefelwerte messen, die um das 3- bis 8-fache *höher* als jene im Galmei sind! Von der Holzkohle kann der Schwefel nicht stammen, da diese nicht sehr schwefelreich ist (Tabelle 7).

Zur Ermittlung eines Zusammenhangs zwischen römischen Zementations(?)-Tiegeln und Galmei als Zinkerz müsste in den Tiegeltonen der Originale also nach deutlichen Spuren von Cadmium, Blei und Schwefel gesucht werden (zur Nachweismöglichkeit des Zinkerzes in Zementationstiegeln s. oben S. 183 ff.)!

Experiment 8: Zinkkontamination beim Schmelzen und Giessen von Messing

Fragestellung

1. Um wie viel geringer ist die Zinkeinlagerung in den Tiegelton bei blossem Schmelzen von Messing (ohne Deckel) während einer gewissen Verweildauer des flüssigen Metalls im Tiegel – im Vergleich zum Experiment 7 «Messing-Zementation» (mit Deckel)?
2. Unterscheiden sich die Zinkkonzentrationen in der Tiegelkeramik stark, je nach *Zinkgehalt* im erschmolzenen Messing?
3. Unterscheiden sich die Zinkkonzentrationen in der Tiegelkeramik stark, je nach *Verweildauer* der Schmelze in befeuertem, flüssigem Zustand? (Zinkabbrand durch die Luft beachten; vgl. auch Experiment 9)

Vorgesehene Durchführung

Insgesamt vier Tiegel (aus TON 360 von Châtelat/BE; Abb. 113,9) mit zwei unterschiedlichen Legierungen sollen unterschiedlich lange flüssig gehalten und dann ausgegossen werden:

- Experiment 8b: Messing 95Cu5Zn, nur kurz aufgeschmolzen und sogleich ausgegossen.
- Experiment 8a: Messing 95Cu5Zn, ca. 20 Minuten lang in Schmelze gehalten und dann erst ausgegossen.
- Experiment 8c: Messing 80Cu20Zn, nur kurz aufgeschmolzen und sogleich ausgegossen.
- Experiment 8d: Messing 80Cu20Zn, ca. 20 Minuten lang in Schmelze gehalten und dann erst ausgegossen (Abb. 141, Mitte).

Die ausgegossenen Messinge sollen nach dem Experiment analysiert, mit der eingewogenen Legierung und der



Abb. 141: Experiment 8. Tiegel werden aus dem Feuer genommen, nachdem die Messingschmelze während 20 Minuten flüssig gehalten worden ist. Für Nachanalysen des Metalls werden die Inhalte in schmale Eingüsse aus Eisen geleert. Die Reguli und Tropfen werden später tiegelweise zusammengeschmolzen, dünn angebohrt (d. h. beprobt) und die Späne analysiert (Abb. 142, rechts). Links und Mitte Tiegel 8d mit Legierung Ms20; rechts Tiegel 8a mit Legierung Ms5.

Schmelzeverweildauer verglichen werden: Ist der Rückgang an Zink in der Messinglegierung durch den Zn-Abbrand analytisch nachweisbar und wie gross? (= Fragestellung von Experiment 9)

Vorgesehene Dokumentation

1. Fotos aller Arbeitsschritte
2. Alle Ausgüsse beschriften (3a–3d), beproben (bohren) und analysieren.

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Zinkkontamination in der Tiegelkeramik: Nicht nur bei Zementationstiegeln (s. Experiment 7 mit Abb. 129), sondern auch bei normalen Schmelztiegeln, die mit Messing beschickt waren, lassen sich die *Spuren der Zinkdämpfe in der Tiegelkeramik* problemlos nachweisen (Abb. 146, oben; s. vor allem auch Experiment 9). Was naheliegt, wird tendenziell bestätigt: Im Tiegelinnern, in direktem Kontakt zur Messingschmelze, sind die Zinkkonzentrationen am grössten und nach aussen nehmen sie mehr oder weniger kontinuierlich ab. Erstaunlicherweise sind diese Zinkspuren auch noch an den Tiegelaussenseiten und sogar auf dem *Lutum* nachweisbar und deutlich höher als der natürliche Zinkgehalt in unbenutzter Tiegelkeramik (\varnothing 98 ppm Zn; Tabelle 3). Es ist auch festzuhalten, dass oben an den Tiegelrändern, wohin die Zinkdämpfe aufsteigen und entweichen, nicht besonders viel Zink in die Keramik eingebracht ist.

Im Tiegelinnern liessen sich Zinkkonzentrationen von durchschnittlich 3324 ppm nachweisen, an den Aussenzonen und auf dem *Lutum* hingehen nur im Schnitt 579 ppm (Abb. 146, oben). Unten im «Fazit der Experimente» werden die Zinkspuren von Zementations- und Schmelztiegeln miteinander verglichen (S. 238).

Zinkabbrand: Was mit Experiment 9 eigentlich vor allem ermittelt werden sollte (unten mit Abb. 143), liess sich an

den vier Reguli des Kontaminierungs-Experiments 8 bereits gut dokumentieren (Abb. 142): Das niedriglegierte Messing Ms5 verlor in der ersten Minute in der Schmelze nur 5% Zink, nach 20-minütigem Flüssighalten jedoch fast die dreifache Menge. Anders das hochlegierte Ms20, das nach einer Minute bereits ein Sechstel seines Zinkgehaltes verloren hatte und nach 20 Minuten ein Viertel. Daraus lässt sich ableiten, dass der Zinkabbrand direkt nach dem Flüssigwerden von Messing besonders hoch ist, je mehr Zink einlegiert ist (vgl. auch Abb. 145).

Experiment 9: Zinkabbrand in Messingschmelze

Fragestellung

Das Zink in zinkreichen Messinglegierungen beginnt «um 1130–1145 °C» zu ZnO zu verdampfen, und die Legierung verliert dann, mit zunehmender Überhitzungsdauer, von ihrem Zinkgehalt⁶⁶⁷. Der Abbrand des während des Schmelzprozesses (in modernen Giessereien) zugesetzten

⁶⁶⁷ Lüder 1952, 232 Abb. 261; Brady/Clauser 1991, 115; Dungworth 1996 (revidiert E.R. Caley's Theorie, der sinkende Zinkgehalt in römischen Messingmünzen [Sesterzen und Dupondien] sei auf Zinkabbrand beim häufigen Wiedereinschmelzen alter, eingezogener Prägungen entstanden; 232 Abb. 3 wird von einem Zinkverlust von einem Zehntel bei jedem Wiedereinschmelzen einer Messinglegierung ausgegangen); Dungworth 1997, 905; Rovira/Montero 2003, 16 Tab. 1 (Zinkgehalt Einwaage: 3,00%, Zn-Gehalt nach erstem Schmelzen: 1,40%, Zn-Gehalt nach mehrmaligem Schmelzen: 1,09%; zitiert nach F.J. Sarabia 1992); G. Arwen, *Les études monétaires dans l'antiquité romaine: essai de re-fontes des monnaies en orichalque*. In: *Tereygeol* 2007–2009, 231–243 Abb. 201; 206; 224; Pribitzer 2008, 66 Abb. 63 Tab. 32–34 (38% Zn-Einwaage aufschmelzen und «das überschüssige Zink verdampft und oxidiert beim Erhitzen, und zurück bleibt Messing mit einem Zinkanteil von 25%»; Tabelle 32: empirisch ermittelte Zinkverluste von 11–47%).

Exp.	Tiegelton (m. Lutum 3)	Tiegel leer (vor Exp.)	Legierung	Einwaage	Metall-End- gewicht	Ausguss nach	Zink-Gehalt	Zinkverlust
8b	TON 360 (Châtelat, Tongruppe 1; Abb. 113,9)	159 g	Ms 5	70 g	72 g	1 Min.	4,74% Zn	-5,2%
8a		158 g	Ms 5	70 g	71 g	20 Min.	4,34% Zn	-13,2%
8c		152 g	Ms 20	57 g	57 g	1 Min.	16,69% Zn	-16,6%
8d		186 g	Ms 20	57 g	56 g	20 Min.	14,76% Zn	-26,2%

Abb. 142: Experiment 8 (Abb. 141). Mengenübersicht der vier Tiegel und ihrer Chargen. Grundlage: Tabelle 6. Zu den Zink- und Kupfergehalten in der Tiegelkeramik s. Abb. 146, oben. Grundlage für Zink-Gehalt: Tabelle 6.

Exp.	Tiegelton (Abb. 113,9)	Tiegel- gewicht leer bei Start	Tiegel- gewicht leer bei Schluss	Legierung (Einwaage)	Zn bei Start (theore- tisch)	Teilausguss nach	Zn in Teil- ausguss	Zn-Abbrand (in % der Einwaage)	Bemerkungen
9a	TON 360 Châtelat	358 g		200 g Ms38	38%	11 Min.	36,3%	4,5%	
9b						26 Min.	35,9%	5,5%	
9b1						36 Min.	34,9%	8,2%	Zwei zusätzl. Ausgüsse möglich
9b2			265 g			56 Min.	Ø 33,8%	11,1%	
9c	TON 360 Châtelat	345 g		200 g Ms15	15%	60 Min. (Leck im Tiegel)	14,0% (nur Regulus 1)	6,7%	Experiment nach 1 Stunde gescheitert
9d			326 g						
9e	TON 360 Châtelat	356 g		200 g Ms5	5%	60 Min. (nur 900°C)	-	?	Tiegelcharge erst angeschmolzen
9f			ca. 300 g						

Abb. 143: Experiment 9. Mengenübersicht der vier Tiegel und ihrer Chargen sowie die ermittelten Werte des Zinkabbrands (Tabelle 5) in Relation zur Schmelzdauer.

metallischen Zinks soll «meist etwa 5–8%» betragen. Der Verlust kann etwas verringert werden, denn «bei vorsichtigem Schmelzen im Tiegel [beträgt] der Gesamtabbrand meist 2–3%»⁶⁶⁸. Beim Hartlöten mit Messinglot unter scharfer Flamme kann der Zinkverlust sogar auf 10–40% steigen⁶⁶⁹. Ein Zementationsmessing mit ursprünglich 27% Zinkgehalt soll nach Matthew J. Ponting nach einem ersten Wiederaufschmelzen noch etwa 25% Zn enthalten, nach der zweiten Schmelze ca. 22% Zn und nach nochmaligem Schmelzen noch 19% Zn⁶⁷⁰. Das beim Verdampfen zu Zinkoxid gewordene Metall erscheint – wie erwähnt – als weisser oder gelber Rauch (Abb. 135 und 136), der gesundheitsschädigend ist und zur «Gelbgiesserkrankheit» führen kann.

- Zusammen mit den zuvor im Experiment 7 formulierten Thesen ergeben sich folgende Fragen:
- Lässt sich ein deutlicher Zinkverlust (gegenüber der Einwaage) nach einer gewissen Schmelzdauer erkennen?
- Wie unterschiedlich verhalten sich zinkarme bzw. zinkreiche Messinglegierungen bezüglich des Abdampf-effekts?
- Inwieweit ist nach dem blossen Schmelzen von Messing Zink in der Tiegelkeramik nachweisbar?⁶⁷¹ Ist der Zinkdampfniederschlag in der Tiegelkeramik signifikant für die unterschiedlichen Zinkgehalte der erschmolzenen Messinglegierungen? (dieselbe Frage siehe Experiment 8.)

Vorbereitungen und Durchführung

Die Frage nach dem Zinkabbrand sollte mit *drei verschiedenen Messinglegierungen* geprüft werden. Es wurden daher Ms38 (in Tiegel 9a/b), Ms15 (in Tiegel 9c/d) und Ms5 (in Tiegel 9e/f) als eingewogene Tiegelchargen im entsprechenden Verhältnis Ms38:Reinkupfer vorbereitet. Im Rückblick wäre es sinnvoll gewesen, diese fertig legiert in die Testtiegel zu geben.

Zur Anwendung kamen ungebrauchte, etwa 10 cm hohe Replikat des Augster «Normaltyps» aus TON 360 von Châtelat / BE (entspricht Tongruppe 1; Abb. 113,9), die mit Lutum 3 überzogen waren (Abb. 147, oben).

Es war vorgesehen, die drei Legierungen in drei identischen Tiegeln aufzuschmelzen, während je 15–20 Mi-

⁶⁶⁸ Schulenburg 1952, 81; 146; Rabeisen 2010, 26. – Auch das Blei scheint während sehr lange währenden resp. nach wiederholten Schmelzprozessen abzubrennen (Rovira / Montero 2003, 15 Tab. 1, zitiert nach F.J. Sarabia).

⁶⁶⁹ Lüder 1952, 232.

⁶⁷⁰ Ponting 2002, 559. Die daraus abgeleitete Behauptung, dieser «range of values so frequently encountered can be explained as metal that has been re-melted approximately 2–4 times», berücksichtigt das Rezyklieren von Altmessing (Zusammenschmelzen von Messing und Bronzen) überhaupt nicht.

⁶⁷¹ Telle / Thönnissen 2006, 83, behaupten, «Zinkoxid ist nur in geringem Mass in den Scherben [der Messing-Giesstiegel] hineingedampft».



Abb. 144: Experiment 9a/b: Ausgiessen einer Teilcharge des über längere Zeit aufgeschmolzenen Messings. Als «Form» dient ein improvisierter Einguss aus Lehm. Nach verschiedenen langen Schmelzzeiten wurden so kleine Metallscheiben für die Analysen gewonnen.

nuten flüssig zu halten, etappenweise eine kleine Menge der Schmelze zur späteren Analyse auszugiessen (Abb. 144) und das Ganze nach weiteren 15–20 Minuten im Feuer zu wiederholen.

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Was wir bereits im Experiment 8 bezüglich Zinkabbrand nach 1 resp. 20 Minuten Schmelzdauer beobachten und dokumentieren konnten (s. Abb. 142, rechts), sollte vor allem mit dem Experiment 9 vertieft abgeklärt werden. Leider haben wir dabei keine vorlegierten Messinge in den Tiegeln erschmolzen, sondern für die Experimente 9c bis 9f eine berechnete Menge von zinkreichem 38er-Messing mit Reinkupfer gemischt. Während unseres Experiments wurden die zur Kupferschmelze erforderlichen 1085 °C nicht erreicht, weshalb sich in einigen Tiegeln keine homogene, durchmischte Schmelze bildete (Abb. 143). Bei 9e/9f waren nach 1 Stunde Einfeuern (bei leider nur etwas über 900 °C) die Kupferbrocken der Tiegelcharge erst angeschmolzen. Teile der Schmelze in Tiegel 9c/9d sind nach Erreichen von 990 °C zwar geschmolzen, sie sind durch ein Leck entwichen, konnten zur Analyse aber aufgefangen werden. Alle drei Tiegel waren 56–60 Minuten lang in Gluthitze.

Die zeitlich gestaffelten Teilausgüsse (Abb. 144), die nur in Tiegel 9a/b möglich waren, weisen die in den Abbildung 143 und Tabelle 6 aufgeführten Zusammensetzungen auf, welche mit pXRF anhand von Bohrproben im Modus Alloy analysiert wurden.

Zinkabbrand: Der Abbrand von Zink aus der Messingschmelze konnte aus erwähnten Gründen nur beim 38er-Messing in mehreren Teilausgüssen dokumentiert werden (Abb. 143). Aus der Legierung ist nach rund einer Stunde in Schmelze eine 34er-Legierung geworden, also mit einem Verlust resp. Abbrand von 11,1% Zink. Die über diese Stunde verteilten vier Ausgüsse zeigen eine relativ konstante Abnahme des *Zinkgehalts* in der Legierung. Einzig in den ersten 11 Minuten scheint anteilmässig geringfügig mehr Zink verdunstet zu sein als später (Abb. 145). Diesbe-

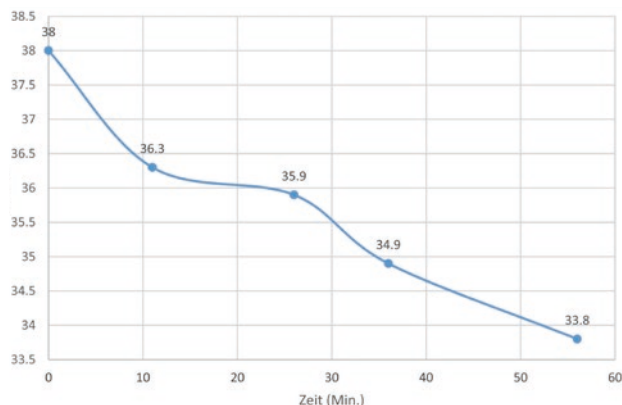


Abb. 145: Experiment 9. Graphische Darstellung des sinkenden Zinkgehalts infolge des Abbrands (Basis: Abb. 143). Die aus der Messingschmelze in Tiegel 9a/b etappenweise entnommenen Proben in Relation zur Schmelzdauer. Der Zinkgehalt – ursprünglich 38% – sinkt zu Beginn besonders stark.

züglich ist der Zinnabbrand in der *Anfangsphase* noch stärker (s. Experiment 10 mit Abb. 151). Bedenkt man die aus ökonomischen Gründen möglichst kurze Schmelzdauer in der Praxis der Giesser, so wirkt sich der Zinkabbrand kaum negativ auf die Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften oder die Farbe der gegossenen Messingobjekte aus.

Als «Nebenprodukt» des Experiments 8 wurde auch der Abbrand ermittelt, der sich dort mit einem zinkarmen (Ms5) und einem zinkreicheren (Ms20) Messing nach 1 resp. nach 20 Minuten Schmelze einstellte (s. oben mit Abb. 142). Erstaunlicherweise haben wir dort höhere Zinkabbrände als mit dem hochlegierten Messing Ms38 in Experiment 9 (Abb. 143). Bei einer Schmelzdauer von 20 Minuten haben wir demzufolge 4% Zinkverlust bei Ms5, 15% bei Ms20 und nur rund 5% bei Ms38. Diese Daten sind aufgrund dieses Einzelversuchs allerdings nicht aussagekräftig genug für verallgemeinernde Schlussfolgerungen.

Zinkkontamination in der Tiegelkeramik: Die gemessenen Zinkkontaminationen in der Tiegelkeramik sind mit 3782–29892 ppm überraschend hoch (Abb. 146, unten), obwohl es sich ja um reine Messingschmelztiegel und nicht um Zementationstiegel handelt, die bewusst während langer Zeit starken Zinkdämpfen ausgesetzt waren (dazu oben mit Abb. 100 und 143). Auf gewissen Stellen des *Lutums* können die Zinkgehalte auf 544 ppm zurückgehen. Interessant ist jedoch, dass die höchste Zinkkonzentration von immerhin rund 3% Zn im *Boden* von Tiegel 9a/b gemessen werden konnte, im gesägten Schnitt mit Keramik und *Lutum* (Abb. 147, 9a/b, rechts). Ob dies effektiv auf eingedrungene Zinkdämpfe oder auf einige kleinste, mit dem Auge nicht erkennbare Metalltröpfchen im Bodenbereich zurückzuführen ist, müsste an einem Feinanschliff unter dem Mikroskop geprüft werden.

Im *Lutum* von Tiegel 9a/b wurde viel mehr K₂O festgestellt (14072 ppm) als in allen anderen Tiegeln.

Der *weisse Belag* innen am Boden von Tiegel 9b/c (Abb. 147, 9c/d, Mitte und rechts) erwies sich als wenig me-

Proben-Nr. Experiment 8:	Zn	Cu
Exp08a_Ms 5, Tiegel innen	↑ 3382	↑ 2642
Exp08a_Ms 5, Tiegel Mitte	3221	250
Exp08a1_Ms 5, Tiegelrand Schnitt, mit Lutum	303	89
Exp08a_Ms 5, Tiegel aussen	216	40
Exp08a2_Ms 5, Tiegel aussen am Lutum	55	66
Exp08a_Ms 5, Lutum aussen	115	89
Exp08b_Ms 5, Tiegel innen	↑ 2443	↑ 185
Exp08b_Ms 5, Tiegel Mitte	493	71
Exp08b1_Ms 5, Tiegel Schnitt, mit Lutum	343	80
Exp08b_Ms 5, Tiegel aussen	180	94
Exp08b2_Ms 5, Tiegel aussen am Lutum	1721	48
Exp08b_Ms 5, Lutum aussen	237	87
Exp08c_Ms 20, Tiegel innen	↑ 3958	314
Exp08c_Ms 20, Tiegel Mitte	3284	122
Exp08c1_Ms 20, Tiegelrand Schnitt, mit Lutum	561	?
Exp08c_Ms 20, Tiegel aussen	442	169
Exp08c2_Ms 20, Tiegel aussen am Lutum	2005	116
Exp08c_Ms 20, Lutum aussen	169	54
Exp08d_Ms 20, Tiegel innen	↑ 4313	? 252
Exp08d_Ms 20, Tiegel Mitte	5496	79
Exp08d1_Ms 20, Tiegelrand Schnitt, mit Lutum	630	101
Exp08d_Ms 20, Tiegel aussen	741	116
Exp08d2_Ms 20, Tiegel aussen am Lutum	255	583
Exp08d_Ms 20, Lutum aussen	1298	↓ 7285
Ø Mittelwerte Tiegelinneres	3324	489
Ø Mittelwerte Tiegel aussen & Lutum	579	569

Proben-Nr. Experiment 9:	Zn	Cu
Exp09a/b_Ms 38, Tiegelboden, Schnitt, mit Lutum	↑ 29 892	468
Exp09a/b_Ms 38, Tiegel Mitte, Schnitt	6629	? 377
Exp09a/b_Ms 38, 1 Tiegel, Lutum abgeplatzt	455	582
Exp09c/d_Ms 15, Tiegelboden, Schnitt, wenig Lutum	↑ 9601	↑ 97
Exp09c/d_Ms 15, Tiegelboden, weisser Belag	195	45
Exp09e/f_Ms 5, Tiegelboden, Schnitt, ohne Lutum	↕ 3782	↑ 1019
Exp09e/f_Ms 5, Tiegel, Lutum	3735	127
Ø Mittelwert (ohne Lutum und Belag)	12 476	490

Abb. 146: Experimente 8 und 9. Zinkkontamination während der Messingschmelze in rekonstruierten Tiegeln. In Experiment 8 (oben) wurde Ms20 und Ms5 geschmolzen, in Experiment 9 (unten) Ms38, Ms15 und Ms5. Die Pfeile weisen auf Stetigkeiten hin, die «?» auf Abweichungen. Die an denselben Stellen ermittelten Kupfergehalte zeigen nur wenig Relevanz. Die Werte sind visualisiert in Abb. 100 (grüne Balken). Werte in ppm; Grundlage: Tabelle 5; pXRF-Analysen Markus Helfert. (Die Ergebnisse werden mit den Zinkgehalten in Messing-Zementationstiegeln verglichen [Abb. 129] und dienen letztlich als Grundlage für die Interpretation unterschiedlich hoher Zinkgehalte in originalen Schmelztiegeln und Deckeln).

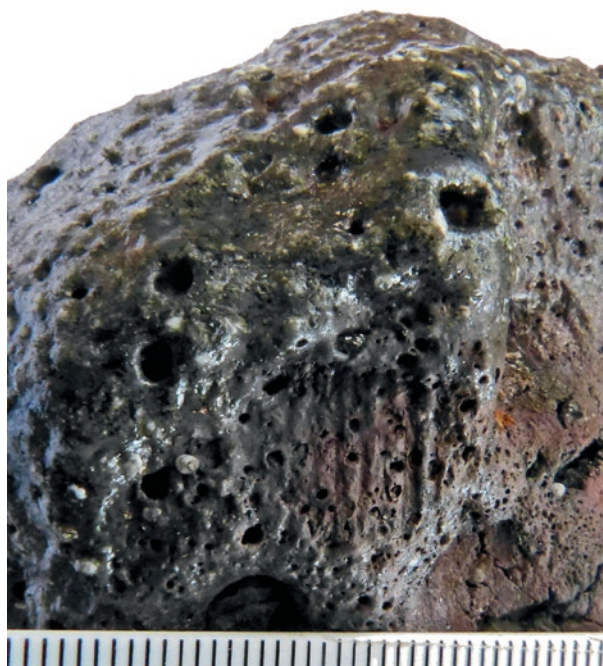


Abb. 148: Experiment 9f: Der Holzkohleabdruck auf dem Lutum eines rekonstruierten Tiegels (unten Mitte) ist identisch mit den typisch geriffelten Abdrücken auf den Originalen (z. B. Taf. 9, **T229**; 10, **T258**; 12, **T302**). M. 2:1.

tallhaltig, er enthielt jedoch mit 18% viel Kalzium (84 207 ppm CaO) und nur 196 ppm Zink sowie 45 ppm Kupfer (Tabelle 5).

Verhalten des Lutums in Experiment 9: Nebst den Beobachtungen zum Zinkabbrand konnten in diesem Experiment 9 auch interessante Beobachtungen zum *Lutum* gemacht werden:

- Alle drei Tiegel waren nach dem Experiment deutlich *leichter* als zu Beginn (Abb. 143). Dies scheint auf das Verdampfen sowohl des Kristallwassers im Ton als auch der organischen Beimischungen im *Lutum* zurückzuführen sein.
- Das aussen auf die Tiegel aufgebrachte *Lutum* 3 hatte nach maximal einer Stunde im Holzkohlefeuer stellenweise identische Struktur und Farbe angenommen (Abb. 147) wie die römischen Originale! An den Stellen, die der grössten Hitze ausgesetzt waren, waren die Blasenbildung und Verschlackung am intensivsten, ebenso die Haftung auf der getöpferten Tiegelkeramik. Im Randbereich hingegen ist das *Lutum* stellenweise abgeplatzt (Abb. 147).
- In einem Fall konnte nach dem Schmelzfeuer im *Lutum* von Tiegel 9e/f der Abdruck eines *Holzkohlestücks* beobachtet werden (Abb. 148). Daran typisch ist die Riffelstruktur der parallelen Jahrringe, die in das weiche *Lutum* eingedrückt sind. Dies bestätigt die im Fundkatalog (**T229**, **T258**, **T269**, **T302**, **T324**, **T459**, **T471** und **T682**) geäußerte Vermutung, die an den Originalen beobachteten identischen Abdrücke stammten von Holzkohlen (s. oben S. 51 f.).

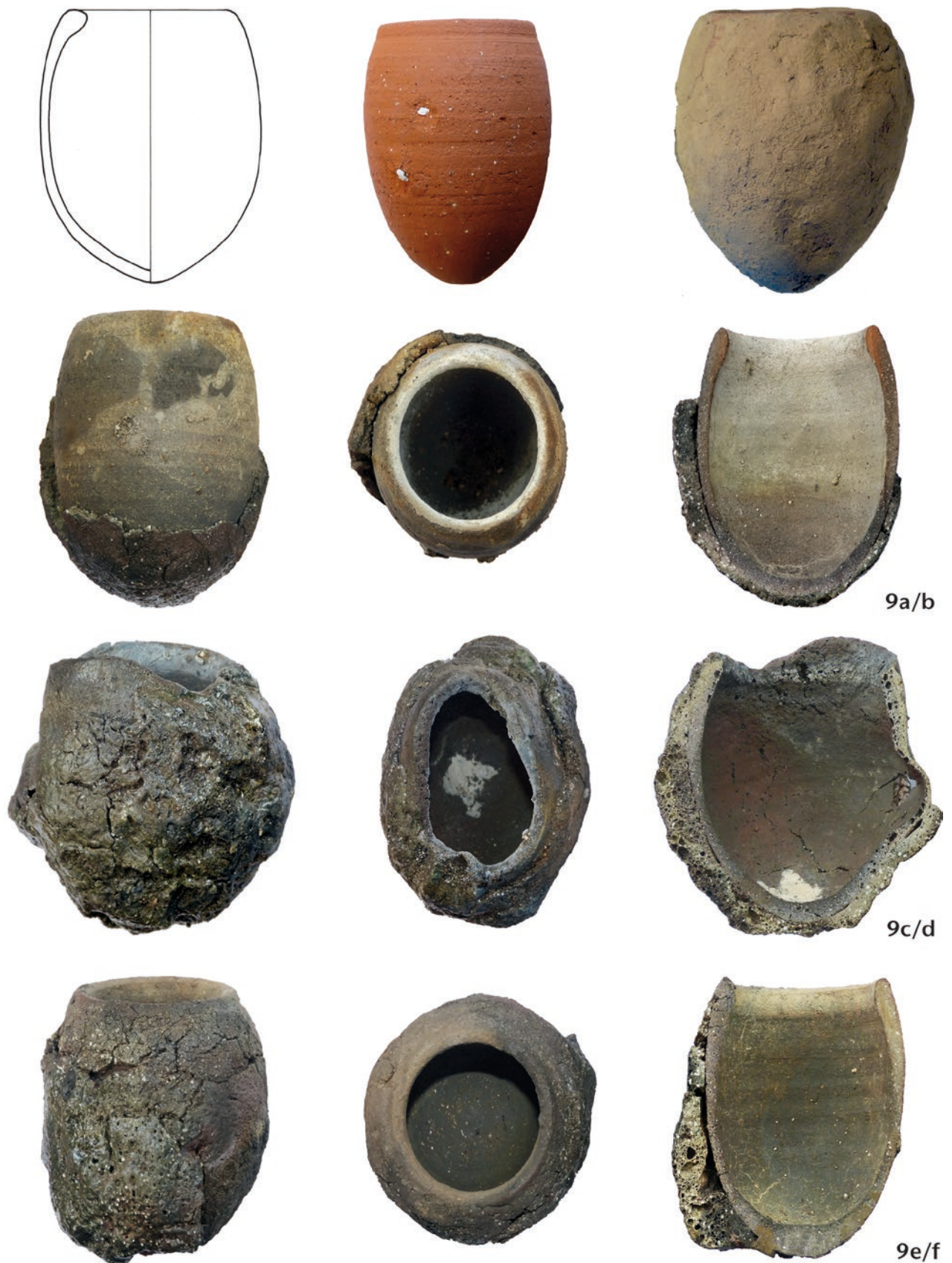


Abb. 147: Experiment 9: Zinkabbrand. Oben die für dieses Experiment verwendeten Tiegel im Profil, gebrannt und lutiert. Darunter die drei im Experiment verwendeten Tiegel 9a/b, 9c/d und 9e/f in je einer Seitenansicht, von oben und mit der Diamantsäge aufgeschnitten. M. 1:2.

Exp.	Tiegel: Ton, Form, Grösse	Tiegelgewicht leer bei Start	Tiegelgewicht leer bei Schluss	Legierung (Einwaage)	Sn bei Start	Teilausguss nach	Sn in Teilausguss	Sn-Verlust (in % der Einwaage)	Bemerkungen
10a	TON 061 Zelglihof, stark quarzgemagert, Flachboden, nicht lutiert, H = 100 mm	305 g	(Boden ausgebrochen)	521 g Cu10Sn	9,6%	(23 Min.: Boden ausgebrochen)	8,89%	0,71%	Noch 301 g aus Feuer geborgen
10b	Unbekannter Ton (Altbestand), Rundboden und Ausguss, nicht lutiert, H = 112 mm	626 g		521 g Cu10Sn	9,6%	15 Min.	8,66%	0,94%	
						35 Min.	8,61%	0,99%	
						55 min.	8,38%	1,22%	
			758 g			180 Min.	7,59%	2,01%	

Abb. 149: Experiment 10. Mengenübersicht der vier Tiegel und ihrer Chargen sowie die ermittelten Werte des Zinnabbrands in Relation zur Schmelzdauer. Analysen: Tabelle 6.

- Dort wo der Tiegelton überhitzt worden ist, ist er porös verschlackt (zum Beispiel am Rand) oder sogar eingebrochen mit einem Leck (Abb. 147,9c/9d [rechts aussen]).

Experiment 10: Zinnabbrand in Bronzeschmelze

Fragestellung

- Wie stark und schnell beeinträchtigt ein längeres Flüssighalten die Zusammensetzung einer Bronze⁶⁷²?
- Lässt sich ein allfälliger Zinnabbrand⁶⁷³ in einem kleinsmassstäblichen Giesserprozess in Form von Zinnverlust nach länger dauernder Schmelze nachweisen oder gar von Auge erkennen?
- Inwiefern lässt sich eine nicht mit Blei und/oder Zink «verunreinigte» Bronze spurenanalytisch im Tiegel nachweisen?

Vorgesehene Durchführung

Es sollten zwei unterschiedliche Tiegel verwendet werden: ein mittelgrosser mit Flachboden aus dem stark quarzgemagerten TON 061 von Kaiseraugst-Zelglihof (Abb. 113,11) sowie ein moderner, aber handgemachter grosser Tiegel (ähnlich Abb. 113,3.4). Damit kann der Versuch doppelt geführt werden.

1. Beide Tiegel vorwärmen.
2. Beide Metallchargen separat vorglühen.
3. Metall heiss in Tiegel geben und aufschmelzen.
4. 15 Minuten nach Flüssigwerden je eine kleine Teilmenge in einen eisernen Einguss.
5. Im Viertelstundentakt (jeweils alle ca. 15 Minuten) je ein weiterer kleiner Teilguss in den Einguss.
6. Nach ca. 1,5 bis 2 Stunden (d.h. nach 5–7 zeitlich gestaffelten Teilausgüssen) Experiment beenden.

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Von Messingschmelzen ist altbekannt, dass sie durch langes Flüssighalten allmählich an Zink durch Abdampfung

verlieren (s. Experiment 9). Wir konnten nachweisen, dass sich bei Zinnbronze ein analoges Phänomen einstellt, dass mit zunehmender Schmelzdauer auch Zinn aus der Legierung verschwindet (Abb. 149).

Das Experiment 10 begann mit dem Tiegel 10a, gefüllt mit der Bronzecharge im Holzkohlefeuer. Der aus Tongruppe 2 und viel Quarzmagerung gefertigte, nicht lutierte Tiegel (Abb. 113,11) hielt nach 20 Minuten im Feuer nicht mehr stand. Er zerbarst in einer zufälligen, grotesken Form, bei der der ausgebrochene Boden an einem dünnen, verformten Keramikstrang noch mit dem Tiegelrand zusammenhielt (Abb. 150). Wahrscheinlich hätte er mit einer schützenden *Lutum*-Schicht die starke Hitze ausgehalten.

Deshalb wurde Experiment 10b mit einem massiveren, 11 cm hohen, weiten Tiegel im modernen Gasofen durchgeführt (Abb. 108). Der neue Tiegel 10b stammte aus dem Repliken-Altbestand des Museums Augusta Raurica (Abb. 113,3.4; Ton unbekannt, leicht gemagert, Rundboden und Ausguss, nicht lutiert). Damit war das Experiment problemlos durchzuführen:

Die vier zeitlich gestaffelten Teilausgüsse von Experiment 10b weisen die in Abbildung 149 aufgeführten Zusammensetzungen auf, welche mit pXRF an blank geschliffenen Teilflächen im Modus Alloy analysiert wurden.

Ein wesentlicher Zinnverlust (>2%) in einer Cu10Sn-Bronze stellt sich erst ein, wenn die Schmelze etwa drei Stunden lang flüssig gehalten wird. Analog zum Zinkabbrand (Abb. 145) ist auch beim Zinn festzustellen, dass der

⁶⁷² Gowland 1912, 242f.: Als Faktoren, die das Ausmass des Zinnabbrands beeinflussen, werden genannt: Dauer des Flüssighaltens der Schmelze, Intensität des Sauerstoffzutritts (z. B. Luftexposition und Oberfläche der Schmelze im Tiegel) sowie Temperatur der Schmelze.

⁶⁷³ Rovira / Montero 2003, 16 Tab. 1 (Zinngehalt Einwaage: 9,50%, Sn-Gehalt nach erstem Schmelzen: 8,78%, Sn-Gehalt nach mehrmaligem Schmelzen: 3,09%; zitiert nach F.J. Sarabia 1992); Crew / Rehren 2005, 90.



Abb. 150: Experiment 10. Der stark mit grobem Quarzsand gemagerte, aber nicht mit einer äusseren Lutum-Schicht geschützte Tiegel 10a (Abb. 113,11) zersprang nach 20 Minuten im Feuer: Der besonders grosser Hitze ausgesetzte Boden brach durch und die ganze Metallcharge fiel in den Ofen. Der Tiegelboden blieb groteskerweise an einem dünnen Steg von weich gewordener Tiegelkeramik hängen! Wahrscheinlich führten zu wenig Tonmatrix und zu viel Quarzsand zu dieser Brüchigkeit. Diese Erfahrung zeigt eindrücklich, wie wichtig die Innovation der schützenden, rasch verklebenden Lutum-Schicht für die Tiegeltechnologie war. M. 1:2.

Abbrand am Anfang am raschesten vor sich geht (Abb. 151). Das erste Prozent an Zinnverlust ist bereits nach einer Viertelstunde Schmelze erreicht.

Das Phänomen des Zinnabbrands dürfte im Alltag überhaupt keine Rolle gespielt haben, da kein Giesser und kein metallurgischer Prozess solche lange Schmelzzeiten verlangen⁶⁷⁴.

Das analytisch nachweisbare Phänomen liess sich während des Experiments mit dem Auge nicht erkennen (z.B. kein sichtbares Abdampfen), und auch die zeitlich gestaffelten Ausgüsse sind farblich und makrotechnisch nicht zu unterscheiden.

Die von uns in Experiment 10 verwendete, recycelte Industrie-Zinnbronze war nicht ganz rein. Kupfer und Zinn machen darin zusammen zwar 97–99% aus, aber wir konnten vor dem Giessen auch Spuren von jeweils max. 0,4% Zn, 1,6% Pb und 0,3% Ni messen. Dies erklärt auch die in den experimentell erzeugten Reguli nachweisbaren Spuren dieser Metalle (Tabelle 6).

Experiment 11: Zubereitung eines glasurartigen Blei-Schwefel-Gemisches

Fragestellung

Einige Tiegel, die noch keine Spuren von Bronzeschmelze, keinen Lutum-Überzug und keine Spuren einer umfassen-

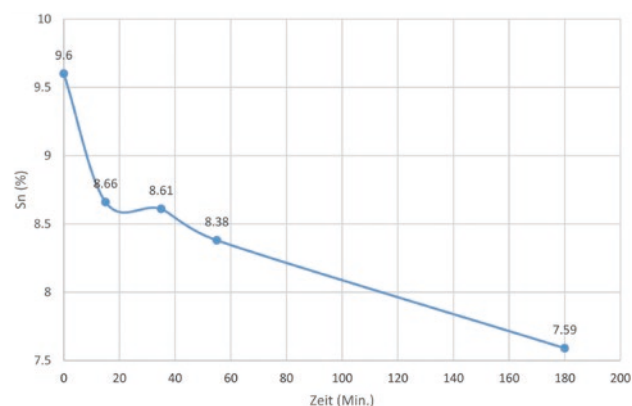


Abb. 151: Experiment 10. Graphische Darstellung des sinkenden Zinngehalts infolge des Abbrands (Basis: Abb. 149). Die aus der Zinnbronze-Schmelze in Tiegel 10b etappenweise entnommenen Proben in Relation zur Schmelzdauer. Der Zinngehalt – ursprünglich 9,6% – nimmt anfänglich stark, dann aber relativ kontinuierlich ab (vgl. Abb. 145).

den Befuerung im Schmelzherd aufweisen, zeigen im Innern Flecken, die aus einer «Glasur» mit Blei und Schwefel bestehen (oben mit Abb. 83). Ob es sich dabei um eine unvollständig verteilte Innenglasur zur Abdichtung der Tiegel handelt oder um Zeugnisse eines anderen metallurgischen (Herstellungs-?) Prozesses, soll mit einigen Experimenten abgeklärt werden. Dabei spielt die Beobachtung eine entscheidende Rolle, dass die meisten dieser grauen Blei-Schwefelgemische in Schräglage der Tiegel erstarrt sind.

- Lassen sich experimentell graue Flecken an Tiegelinnenseiten erzeugen, die den Originalen in der Zusammensetzung (ca. 12–80% Pb und ca. 0,5–10% S) und bezüglich Farbe und Struktur entsprechen?
- Können derartige Niederschläge resp. Beläge durch natürlichen Bleiglanz⁶⁷⁵, der ähnliche Blei- und Schwefelanteile enthält, erzeugt werden?
- Ergeben sich aus den Experimenten Hinweise auf die mögliche Verwendung von Flussmitteln (z.B. Flusspat) oder auf den möglichen Zweck solcher kleinmassstäblichen Prozesse? Wie entstand zum Beispiel der Regulus-Abdruck in einem hellen, bleihaltigen Tiegelinnenbelag wie bei Abbildung 83, **T190**⁶⁷⁶?

674 Indische Giesser von sehr zinnhaltigen Bronzen (mit 21,6% Sn; z.B. für Klangschaalen) fügten der Schmelze für die runden Rohlinge bewusst noch weitere 3,8% Zinn hinzu, um den Zinnabbrand zu kompensieren (Srinivasan 1994, 697 [«extra tin adds to compensate for losses due to 'heating', i.e. oxydation»]).

675 Bleiglanzfundstücke aus römischem Kontext: Augusta Raurica, mehrere Fundstellen (siehe Anm. 582); Wiesloch/D-Mithräum (Hensen 1994, 36); Stolberg/D-Schlangenberg (Löhr/Zedelius 1979, 93).

676 Antike Zeugnisse der Bleigewinnung aus Bleiglanz: Köhne 2010, 126 (römerzeitlicher Bleiglanzabbau und Herstellung von Bleikleinbarren in Westfalen). – Da Bleiglanz (Galenit) bis 3% Silber enthalten kann, wurde er auch deswegen abgebaut und verhüttet (Bode 2008, 5 f.).

Exp.	Einwaage Bleiglanz	Vermischt mit	Holzkohle-Abdeckung	Feuerung	Zeit im Feuer	bei °C Temp	Gewicht Regulus	Bemerkungen
11a	30 g	–	–	Holzkohle	30 Min.	ca. 800°C	(haftet in Tiegel)	(siehe Beschickung Abb. 154,11a)
11b	30 g	–	–	Holzkohle	30 Min.	ca. 800°C	>6 g (Rest in Tiegel)	
11c	30 g	–	X	Holzkohle	30 Min.	ca. 800°C	>2 g (Rest in Tiegel)	
11d	30 g	10 g Flussspat	–	Gasofen	15 Min.	ca. 1100°C	32 g	
11e	30 g	10 g Flussspat	X	Gasofen	15 Min.	ca. 1100°C	33 g	
11f	30 g	10 g Flussspat 10 g Kalk 10 g Knochenasche	X	Gasofen	15 Min.	ca. 1100°C	40 g	Loher Regulus (Abb. 154,11f)

Abb. 152: Experiment 11. Versuche, die partiellen Bleiablagerungen (Glasuren?) in römischen Tiegeln nachzuvollziehen (Abb. 83; 153). Die ganze Experimentserie wurde in sechs kleinen gebrannten Tiegeln aus TON360 (von Châtelat / BE; Abb. 113,9) durchgeführt.

Vorbereitungen und Durchführung

Analog zu den Spuren im Innern der Originalfunde (Abb. 83) werden die Tiegelchen schräg übers Feuer gehalten, das Material darin beim Befeuern gerührt und anschliessend in Schräglage zum Abkühlen abgestellt⁶⁷⁷.

Die so behandelten Tiegel sollen längs aufgeschnitten und alle Materialien und Arbeitsschritte fotografisch dokumentiert resp. mit der portablen XRF auf der Oberfläche analysiert werden (Tabelle 5).

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Für die sechs Varianten 11a–11d wurden jeweils 3 Gewichtsteile (à 10g) Bleiglanz gepulvert, mit etwa 2/3 der Menge Wasser zu einer breiigen Suspension verrührt. In einigen Fällen wurde Flussspat, Kalk und Knochenasche gemäss Abbildung 152 zugefügt. Die Masse kam innen an die Wandung eines neuen gebrannten Tiegels (Abb. 154,11a) von 95–187 g Leergewicht, der – wie bei einigen archäologischen Befunden (Abb. 83) – stets in Schräglage gehalten wurde. Über schwachem Feuer wurde getrocknet und dann bei grosser Hitze gebrannt.

Die erste Experimenthälfte 11a–11c über glühenden Holzkohlen bei rund 800°C erreichte zu wenig hohe Temperaturen und brachte kein befriedigendes Resultat, weshalb die zweite Serie 11d–11f in einem Gasofen (Abb. 108) bei 1100°C gebrannt wurde.

Der Bleiglanz und die Tiegel haben – je nach Zuschlagstoffen und Prozesstemperatur – sehr unterschiedlich reagiert:

11a: Nur Bleiglanz. Bildung einer leicht aufgequollenen, im peripheren Bereich sauber zerflossenen Kruste von dunkelgrauer Farbe, die gut auf der Tiegelkeramik haftet (Abb. 153,11a). Müsste zur Erreichung einer dünnen «Glasur» auf der Keramikoberfläche ganz dünn aufgetragen werden.

11b: Nur Bleiglanz. Bildung einer körnigen Kruste von dunkelgrauer Farbe, die teils gut auf der Tiegelkeramik haftet, teils sich gelöst hat (Abb. 153,11b). Für eine «Glasur» ungeeignet.

11c: Nur Bleiglanz. Bildung einer leicht aufgequollenen, körnigen, aber harten Kruste von dunkelgrauer Farbe, die gut auf der Tiegelkeramik haftet. Durch die Schräglage des Tiegels ist ein dünnflüssiger Teil des Materials zum Rand gelaufen und hat in der Fliesszone eine schwarzmatte «Glasur» auf der Keramikoberfläche hinterlassen (Abb. 153,11c), vergleichbar mit einigen der archäologischen Befunde (Abb. 83).

11d: Bleiglanz und Flussspat. Das Flussmittel hat offenbar dazu geführt, dass im Tiegel ein kompakter Regulus entstanden ist (Abb. 154,11d). Er ist relativ schwer, aber weit vom Bleigewicht entfernt (und enthält 33% Pb). Im Gegensatz zu den Experimenten 11a–11c mit reinem Bleiglanz ist hier der Tiegel innen glasiert worden: unter dem Regulus grau-matt, in seinem Randbereich gelbgrün-glassig und im Oberteil hellrot und dünn wie «aufgedampft» (Abb. 153,11d).

11e: Bleiglanz und Flussspat. Identische Regulus- (Abb. 154,11e) und Glasurbildung (Abb. 153,11e) wie in Tiegel 11d.

11f: Bleiglanz mit Flussspat, Kalk und Knochenasche. Diese Mischung erzeugte in der Hitze offensichtlich einen Blei-Schwefeldampf, der die ganze Tiegelinnenfläche mit einer dünnen, graugrünen Glasur überzog (Abb. 153,11f), wie die ausnehmend hohen Oberflächenwerte mit rund 4% Pb zeigen (Tabelle 5; der flüchtige Schwefel hat sich bei allen Tiegeln von Experiment 11 auf den inneren Tiegelwänden niedergeschlagen). Das Erhitzen führte ebenfalls zum Zusammenschmelzen eines Regulus, der im Tiegel nicht haftete, sondern sich von der inneren Tiegelwand gelöst hat (Abb. 154,11f).

⁶⁷⁷ Ich danke an dieser Stelle Markus Helfert (Universität Frankfurt a.M./D) für die ergebnisreichen Diskussionen zu diesem Phänomen, der Töpferin Andrea Leutz (Lörrach/D) für die Auskünfte über Glasuren, Georg Jehle (Sachtleben Bergbau GmbH, Wolfach/D) für die Zustellung von Flussspat für meine Experimente und Hannes Weiss (Aeugst/ZH) für praktische Tipps.

Diese Beobachtungen und die vergleichende Analytik erlauben folgende Schlüsse:

- Es war generell – mit Bleiglanz! – möglich, graue Massen in den Tiegeln zu erzeugen, die den Originalen in der Zusammensetzung (ca. 12–80% Pb und ca. 0,5–10% S) entsprechen.
- In zwei Fällen war es auch möglich, graue Flecken an Tiegellinnenseiten zu erzeugen, die den Originalen bezüglich Farbe und Struktur nahe kommen (Abb. 153, 11d, 11e).
- Bleiglanz enthält rund 21–30% Blei. Unsere Reguli von Experiment 11 enthielten 22–33% Blei (Tabelle 5), was keine Anreicherung darstellt und in keiner Weise einer kleinmasstäblichen Verhüttung und Bleiproduktion gleichkommt.
- In folgenden Punkten weichen die Spuren in den römischen Tiegeln (Mittelwerte in Tabelle 5, unten) mit einer grauen resp. weisslichen Blei-Schwefel-Kruste aus Augusta Raurica (Abb. 83) von jenen der Bleiglanzexperimente 11 ab:
 - Die Al_2O_3 -Gehalte sind in den Experimente-Reguli meist deutlich höher als in der Tiegelkeramik, in den Originaltiegeln ist Al_2O_3 gleichmässig verteilt.
 - In einigen Experimentier-Reguli ist das CaO stark angereichert auf bis zu 11,6% (11d) und 46,3% (11f), was an den Originalen nicht zu beobachten ist.
 - Das Zink ist mit 1,8–5,5% in den erzeugten Krusten der Experimentiertiegel viel mehr angereichert als auf den originalen «Bleiglasuren» mit bloss 0,15–0,8% Zn. Es muss aus dem verwendeten Bleiglanz stammen, wo 0,2–9,7% Zn festgestellt wurden.
 - Arsen, Silber und Phosphor, in geringerem Ausmass auch Zinn, sind in den «Bleibelägen» in den römischen Tiegeln viel stärker angereichert als in den Experimentiertiegeln. Für letzteres käme der Bleiglanz als Quelle in Frage. Wie Phosphor und vor allem Arsen und Silber in einige der grauen Beläge an den Originalen gelangt ist und dort heute ein Mehrfaches der Werte in der Tiegelkeramik ausmachen (Abb. 84), ist mir unbekannt.
- In folgenden Punkten herrscht eine tendenzielle Übereinstimmung:
 - Deutliche Anreicherungen von Blei und Schwefel sind typisch für antike Tiegelfunde mit grauen und weisslichen, immer matten «Glasurflecken» (um 32% Pb und 6% S). Der Bleiglanz weist diese Elemente in etwa denselben Konzentrationen auf (um 24% Pb und 9% S).
 - Arsen, Eisen und Phosphor und in geringerem Ausmass Mangan sind in den antiken und experimentellen Reguli deutlich angereichert. Diese Elemente stammen im Fall der Experimentiertiegel

aus dem Bleiglanz (Tabelle 5, unten), nicht aber das Arsen und der Phosphor in den römischen Tiegeln (s. oben).

- Ähnliches gilt für das in den Belägen angereicherte Kupfer mit bis zu 2,5% in den Originalen und bis 2,8% in den Experimentiertiegeln. Seine Herkunft ist unbekannt; es stammt nicht aus dem Bleiglanz (mit nur 0,1–1,0% Cu).
- Das Experiment 11 bleibt leider nur eine Annäherung an die archäometrischen Befunde einiger römischer Tiegel mit grauen «Bleiglasuren» im Innern (Abb. 83). Es muss offen bleiben, ob in diesen kleinen Tiegeln
 - metallisches Blei in kleinem Massstab aus Bleiglanz gewonnen wurde, wie ein rundliches Regulus-Negativ (Abb. 83, T190) vermuten lässt,
 - eine blei- und schwefelreiche Glasur erzeugt worden ist, die zur Abdichtung der Tiegel diente
 - oder ob wir mit diesen Funden auf der Spur eines Probiertiegels oder Scheidungsprozesses sind.

Experiment 12: Knochen als hochgradiges, anhaltendes Brennmaterial?

Fragestellung

In der früheisenzeitlichen Bronzwerkstatt von Gabii/I in Latium konnten Sophie Helas und Sabine Deschler-Erb auffallende Ansammlungen von kalzinierten Knochen und Holzkohleflittern neben einem als Giessgrube gedeuteten Befund beobachten. Sie interpretierten dies als Reste von einem Schmelzprozess, der nicht nur mit Holzkohle, sondern auch mit frischen Knochen befeuert wurde⁶⁷⁸. Auch in einer römischen Schmiedewerkstatt in Courrendlin/JU konnten grosse Mengen verbrannter, vor allem von Rindern stammenden Knochen mit einem Feuerungsprozess in Verbindung gebracht werden⁶⁷⁹.

Auffallenderweise erbrachten unsere Analysen erhöhte Phosphor- und Kaliumwerte an der Aussenseite des im Knochenfeuer gestandenen Tiegels (Tabelle 5), was Markus Helfert auch an den Aussenseiten einiger Originaltiegel feststellen konnte und als möglichen Hinweis auf Knochen im Schmelzfeuer interpretiert (S. 26; 120).

Daraus ergeben sich folgende Fragen an unser Experiment 12:

- Wie hoch ist der Eigenbrennwert von frisch geschlachteten Tierknochen⁶⁸⁰?

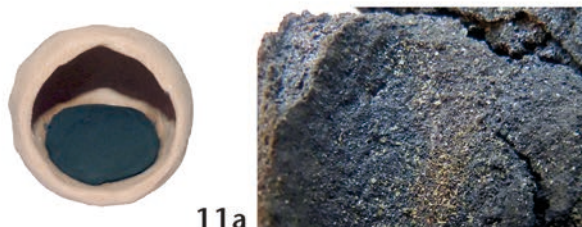
678 Helas 2013.

679 Deschler-Erb 2011, 72 f. Abb. 90–92; 96; 97 (Anm. 182 mit einem weiteren, latènezeitlichen Befund aus Chevenez/JU-Combe Ronde).

680 Ich danke Peter Andrist, der mir rund 20 kg Schlachtabfälle seiner Landmetzgerei in Nussdorf/BL zur Verfügung gestellt hat. Es handelt sich grösstenteils um Rinder-Femora (Abb. 155).



Abb. 153: Experiment 11. Schmelzen von Bleiglanz, teils mit anderen Zusatzstoffen versehen (s. Text), seitlich liegend in kleinen Tiegeln. Die Versuche sollen helfen, die Blei-Schwefel-«Glasuren» in Originaltieglern (Abbildung 83 und 84) zu deuten. M. 1:2.



11a



11b



11c



11d



11e



11f

Abb. 154: Experiment 11. Schmelzen von Bleiglanz (Ergänzungen zu Abb. 153). Tiegel 11a = Bleiglanzpulver-Wasser-Brei, vor dem Brennen; Tiegel 11c = zweite Ansicht; Tiegel 11f = das geschmolzene Bleigemisch hat sich als loser braungrauer Regulus aus der Tiegelinnenwand gelöst, darunter im Randbereich läuft eine hellgraue Kruste entlang des Regulus-Rands. M. 1:2.

- Werden damit extrem hohe Temperaturen erreicht?
- Ist das Knochenmaterial überhaupt für einen handwerklichen Erhitzungsprozess geeignet und von ausdauernder, lang glühender Wirkung?
- Wie sind die Erfahrungen, wenn man Tiegel mit Bronze über einer Knochenglut erhitzt und so giessen will?

Experimentierbericht, Erfahrungen und Resultate

Durchführung: Da die neun Tage vor dem Experiment geschlachteten Knochen ohne Kühlung intensiv zu stinken begonnen hatten, wurde das Experiment 12 in einem abgelegenen Privatwald durchgeführt. Nebst den ca. 30kg massiven Rinder-Femora (Abb. 155) wurden Grabwerkzeug, ein Feldessegebläse mit Handbetrieb und langem Rohr, Holzkohle, Temperaturmessgeräte, grosse Tiegel, Cu10Sn-Bronze, Tiegelszange usw. mitgeführt.

Zur Vorbereitung wurde eine flache Grube von rund 60×60cm und 20cm Tiefe ausgehoben. Die Luftzufuhr wurde mit dem Gebläserohr von Hand geführt und erfolgte von schräg oben (Abb. 156). Der Feuerungsversuch mit massiven, unzerkleinerten Rinderknochen dauerte rund drei Stunden.

Protokoll: Das Experiment 12 verlief nach folgendem Fahrplan:

- 09:40 h: Etwa 5 Liter Holzkohle werden mit einem kleinen Gasbrenner in Brand gesetzt und anschliessend mit dem Gebläse angefacht.
- 09:50 h: Die Holzkohle glüht regelmässig; erste Knochen werden auf die Glut gelegt.
- 09:55 h: Die Knochen sind ca. 200°C warm; Fett und Knorpel beginnen zu brennen. Ein Gestank ist ab diesem Stadium nicht mehr auszumachen.
- 10:15 h: Die Knochen sind 300–400°C warm; das Holzkohlefeuer darunter muss immer noch unter steter Luftzufuhr angefacht werden.
- 10:30 h: Die Knochenoberflächen sind inzwischen schwarz und 600–700°C heiss; sie brennen, aber sie glühen noch nicht. Im Kern sind sie jedoch immer noch roh und rot, wie ein aufgeschlagener Humerus-Gelenkkopf zeigt (Abb. 157). Die Holzkohle ist jetzt fast gänzlich niedergebrannt – jetzt brennen vorwiegend die Knochen (immer noch unter Gebläseluft-Zufuhr)!
- 11:00 h: Das Knochenfeuer lodert exotherm seit 30 Minuten (Abb. 158). An den Knochenoberflächen werden 700–780°C gemessen (Abb. 159). Die Knochenoberflächen sind zum Teil noch schwarz, zum Teil bereits weiss kalziniert.
- 11:05 h: Die Knochenglut wird etwas zusammengedrückt, und darin ein erster grosser Tiegel (Abb. 160; leer 637 g) mit 10-er Bronze (910 g) gestellt.



Abb. 155: Experiment 12. Mehrere Kilogramm Rinder-Femora aus der Metzgerei dienen als Brennmaterial. Nach mehrtägiger Lagerung entsteht zwar ein übler Geruch, der mit dem Erwärmen aber rasch verschwindet.

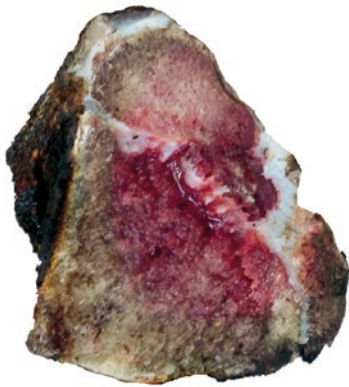


Abb. 157: Experiment 12. Sobald die Knochen von selbst zu brennen beginnen, sind sie innen immer noch roh und blutig. Erst mit der Zeit glühen sie durch und werden schliesslich weiss kalzinert (Abb. 162).



Abb. 159: Dank moderner Technik können die Temperaturen von Tiegeln, Holzkohlen, Knochen usw. auf Distanz gemessen werden. Das mobile Infrarot-Temperaturmessgerät zeigt 750 °C.



Abb. 161: Experiment 12. Der Tiegel (Abb. 160) ist nach anderthalb Stunden im Knochenfeuer geleert worden. Die Bronzeteile sind wegen zu niedriger Temperatur (Abb. 159) erst leicht angeschmolzen.



Abb. 156: Experiment 12. Eine Feuergrube mit steilen Wänden ist ausgehoben (rechts), und auf einem eingerammten Pfahl steckt ein Handgebläse, mit dem – vor allem zu Beginn des Prozesses – Luft ins Feuer geblasen wird.



Abb. 158: Experiment 12. Die Knochen haben «exotherm» zu lodern begonnen; ein Anfachen mit Holz ist ab diesem Stadium nicht mehr nötig. Mit zunehmender Hitze werden die Flammen noch heftiger (Abb. 160).



Abb. 160: Experiment 12. Mit der langen Zange wird ein Tiegel in die Knochenglut gestellt. Er enthält eine 10-er Zinnbronze (910 g) in massiven Brocken. Die Schmelztemperatur wird in anderthalb Stunden knapp nicht erreicht.



Abb. 162: Ende von Experiment 12: Ein Gemenge von Knochenasche und weiss kalzinierter Knochen ist vom etwas über zweistündigem Feuer übrig geblieben. Das Material ist reich an Kalzium und vor allem Phosphor.

- 11:10 h: Ein zweiter grosser Tiegel (leer 640 g) kommt mit 1260 g kleinstückiger Mischbronze («römische» Legierung mit Cu, Sn, Zn und Pb) ebenfalls ins Feuer. Mit dem Arrangieren der brennenden Knochen und dem Gebläserohr wird versucht, um die Tiegel herum eine möglichst grosse Hitze zu erreichen.
- 11:40 h: Die Luftzufuhr mit dem Handgebläse wird beendet.
- 12:30 h: Nach etwa einer Stunde in der Knochenglut werden an den oberen Tiegelpartien nur 760°C gemessen – die Bronze kann so knapp nicht schmelzen. Erneuter Einsatz des Gebläses.
- 12:35 h: Abbruch des Experiments 12. Tiegel 2 wird ausgegossen: Die Gusspeise ist erst zum Teil verbacken (Abb. 161). Tiegel 1 enthielt zu grosse Bronzeklumpen, so dass die Schmelze noch gar nicht einsetzen konnte. Die etwa 20–30 Liter zurückgebliebene Knochenglut (Abb. 162) besteht etwa zu 70% aus weiss kalzinierten Stücken und zu 30% aus schwarzen Brocken.

Analysen: Zwei Proben der weiss kalzinierten resp. schwarz verbrannten Knochen sowie der Tiegel 2 wurden nach dem Experiment analysiert (Tabelle 5). Zum Vergleich sind drei weitere Knochenanalysen aufgeführt, die in Zusammenhang mit den Zuschlagstoffen in den *Lutum*-Versuchen gemacht worden sind (Tabelle 7).

Die «Knochenasche» wurde in technischen, auch metallurgischen Bereichen oft verwendet. Ein klassisches Beispiel ist die Herstellung der kleinen Aschekupellen der Probierer⁶⁸¹. Knochenasche hat die Eigenschaft, die dünnflüssigen Oxide unedler Metalle (v. a. PbO) aufzusaugen und so die edleren Metalle in einem kleinen geschmolzenen Regulus auf der Kupellenoberfläche zu konzentrieren.

Entscheidend sind die Anteile von Kalzium und Phosphor in der Knochenasche. Die von uns produzierten Rückstände bestanden hauptsächlich aus CaO (rund 60%) und P₂O₅ (um die 38%; Tabelle 5)⁶⁸². Die Werte sind in den schwarz verbrannten und in den weiss kalzinierten Knochen fast identisch. Die in Experiment 12 erzeugte Knochenasche hat dieselbe Kalzium- und Phosphorkonzentration wie anderweitig produzierte Ware (Tabelle 5, Tierknochen geglüht und Knochenasche der Firma Kremer). Das in Zusammenhang mit Aschekupellen oft zitierte Magnesium ist knapp unter der Nachweisgrenze von rund 1% nicht erfasst.

Auch *Tiegel 2*, der in Experiment 12 mit Cu₁₀Sn-Bronze beschickt war und bis knapp an den Schmelzpunkt von 700–780°C erhitzt worden war (Abb. 161), wurde analysiert. An seiner Aussenseite zeigte er nach anderthalb Stunden *im Knochenfeuer* 10,6% CaO, 5,5% K₂O und 12,3% P₂O₅. Damit *unterscheidet* er sich wesentlich von Tiegeln,

die im Holzkohlefeuer gestanden haben: Die 18 Tiegel der Experimente 4, 7 und 8, die an der Aussenseite analysiert wurden (Tabelle 5), weisen im Durchschnitt nur 2,2% CaO, 2,7% K₂O und 0,3% P₂O₅ auf. Mit dem Knochenbrand ist also *etwas Kalium* (ca. das 2fache), *viel Kalzium* (ca. 5×) und *extrem viel Phosphor* (12% statt Ø 0,3%, d. h. ca. 45×) in die Tiegeloberfläche gelangt. Dies müsste auch an Originalen feststellbar sein und es erlauben, Knochenschmelzfeuer an Tiegeln nachzuweisen (s. oben S. 120).

Ergebnis: Mit einem Knochenfeuer in offener Grube lassen sich problemlos 760°C erzielen. Nach etwa einer Stunde endothermen Anfeuerns – in unserem Fall mit Holzkohle – brennen Knochen selbständig. Uns überraschte, wie andauernd und ausgiebig Knochen brennen und eine mittelgrosse, *regelmässige* Hitze abgeben.

Tierknochen, die als Abfälle im Metzgereigewerbe anfallen und «gratis» zu haben sind, wären für manches Gewerbe eine ökonomische Alternative zur gekauften Holzkohle.

Würde man Knochen in einem *Schachtofen* statt in einer flachen Grube verbrennen, so liesse sich erstens der Nachschub an frischen Knochen oben bequem einfüllen und «vortrocknen», und zweitens würde der geschlossene, isolierende Ofenschacht und der thermische Zug im Ofen sicher zu noch höheren Prozess-Temperaturen führen. Ob dies auch in der antiken Buntmetalltechnologie genutzt wurde, ist aufgrund erster Indizien zu vermuten (s. oben, Fragestellung). Bei Ausgrabungen von gewerblichen Feueranlagen ist demzufolge vermehrt auf verbrannte Knochen resp. Holzkohle zu achten.

Würde sich die Vermutung bestätigen, *Knochen* seien in gewissen Gewerben *als Energiequelle* genutzt worden, so müsste dieses Knochenfeuer an Öfen, Tiegeln und anderen kontaminierten Geräten mit deutlich erhöhten Konzentrationen von Kalium, Kalzium und vor allem Phosphor nachzuweisen sein. Dies gilt es zu beachten, wenn künftig gewerbliche Befunde mit verbrannten Knochen ausgegraben und analysiert werden.

Fazit der Experimente

Die Schlussfolgerungen werden oben unter den einzelnen Experimenten gezogen. In einigen Aspekten können experimenteübergreifend folgende Interpretationen formuliert werden:

681 Zur experimentellen Gewinnung von Knochenasche: M.-P. Guirado/F. Tereygeol, *L'argent par coupellation*. In: Tereygeol 2007–2009, 80 Abb. 49; zur experimentellen Kupellenherstellung mit Knochen- und Holz-asche ebda. 76–97 Abb. 50–55.

682 Zum hohen Kalzium- und Phosphorgehalt in Knochenasche: Worrall 1975, 225. – Pettersson/Lönnberg 2016 vermuten eine abweichende Ursache eines erhöhten Kalzium- und Phosphorgehalts in der Tiegelkeramik (innen): das «Polen» (Umrühren) der Schmelze mit einem Knochenstab.

Temperaturen und Feuerführung

Das Einfeuern und Erhitzen von Schmelztiegeln in einem Ofen resp. Herd erfordert nach unseren Erkenntnissen ausserordentlich grosses Geschick und viel Erfahrung. Mit einem elektrischen Blasebalg wird – auch bei sanftem Luftstrom ins Feuer – eine *einseitige* Hitze im Ofen erzielt, die bewirkt, dass *Lutum* und Keramik sehr unterschiedlich auf der «kalten» und «heissen» Seite der Tiegel reagieren.

Einige der Tiegel wurden nach dem Experiment durch Daniela König geschnitten und mit Hilfe des REM (Rasterelektronenmikroskop) im Dünnschliff betrachtet⁶⁸³. Mit energie-dispersiver Röntgenspektroskopie und einigen Rasterscans konnte dabei festgestellt werden, dass beim Zementationstiegel 7c partiell unerwarteterweise viel Eisen resp. Blei angereichert war; Konzentrationen von Kupfer sind hingegen gut erklärbar. Erstaunlicherweise war auf dem Rasterscan von Tiegel 7c das Zink nirgends besonders konzentriert – ganz im Gegensatz zum XRF-Nachweis (Tabelle 5). Inhomogenitäten in der Tonmatrix an den Tiegeln 4f2 und 8d scheinen auf eine zu wenig konsequente Tonaufbereitung (Durchmischung) bei der experimentellen Tiegelherstellung zurückzuführen sein. Was zuvor zur Luftführung unserer Experimentierfeuer und zur Überhitzung einiger Tiegel festgestellt wurde, lässt sich auch in den Dünnschliffen erkennen: Die Tiegel 4a, 4f2, 7c, 8c und 8d sind alle *verglast*, d. h. überhitzt! Dies obwohl sich darunter nicht nur lokale, wenig hitzebeständige Tone befinden (4a, 7c), sondern auch der an sich refraktäre Châtelat-Ton 360 (4f2, 8c, 8d). Einzig Tiegel 9ab ist in unserem Experiment nicht verglast. Die Tatsache, dass die analog untersuchten römischen Tiegel kaum je verglast und daher auch nicht überhitzt worden sind, zeigt einmal mehr, wie gut die Tone aufbereitet worden sind, wie erfahren die Giesser in der Feuerführung waren und wie optimiert sie Schmelzzeiten und Holzkohleverbrauch einzusetzen wussten.

Um eine effiziente, möglichst homogene Hitze zu erzielen, muss geschickt mit Herdbau, Holzkohle, Abdeckung und Gebläse «gespielt» werden. Aufgrund von persönlichen Beobachtungen bei Silber- und Bronzegeissern in der Sahara und in Westafrika glaube ich, dass ein handbetriebener Einfach- oder Doppelblasebalg wegen seines *rhythmischen Luftstroms* das über den ganzen Schmelzherd verteilte Anfachen der Holzkohle begünstigt und dementsprechend eine gute *Hitzeverteilung* gewährleistet.

Veränderungen des Lutums

Unsere lutierten Experimentiertiegel wiesen nach dem Prozess im Holzkohlefeuer oft recht unterschiedliche Seiten auf: Die grösserer Hitze ausgesetzte Tiegelhälfte weist oft ein *Lutum* auf, welches dem römischen sehr nahe kommt. Bei unseren gebrannten *Lutum*-Testplättchen war die von den Originalfunden bekannte bunte Farbschimmerung nicht bekannt, aber dieselben *Lutum*-Mischungen (ausser in Experiment 4 immer *Lutum* 3) ergaben *in Kontakt mit Bronze oder Messing* ganz ähnliche *Farbkombinationen* wie

die Originale. Selbst die typischen glasurähnlich-durchscheinenden Überzüge aussen auf dem *Lutum* stellten sich in den Experimenten mehrfach ein (Abb. 115; 118): Die mit den Originalen übereinstimmende Verfärbung der *Lutum*-Oberfläche tritt also nur auf, wenn das heisse *Lutum* in Kontakt mit Metallen (Schmelzgut) gekommen ist.

Die weniger hoch erhitzten Tiegelpartien weisen eine weniger verschlackte und meist nicht glänzende *Lutum*-Oberfläche auf (z. B. Abb. 118,4b). Das *Lutum* ist zwar gebrannt, aber es haftet auch nicht so innig auf der Tiegeleramik und blättert ab (z. B. Abb. 147). Auch dieser Befund ist an manchen Originalen zu beobachten (z. B. Taf. 2, **T22**; 15, **T475**; 16, **T489**).

Die römischen Originale weisen jedoch meist *ringsum* ein relativ *homogenes Lutum* auf, was auf eine sehr homogen verteilte Hitze im Feuer hinweist. Dies beweist das Geschick und die grosse Erfahrung der römischen Giesser, die mit einer ausgeklügelten Feuer- und Luftführung auch ökonomisch mit der Holzkohle umzugehen wussten.

Zinkkontamination von Tiegelkeramik im Vergleich Zementation vs. Messingschmelze

Für die Interpretation der messbaren Zinkkontaminationen in den römischen Originalfunden ist ein Vergleich unserer Zementationstiegel (Experiment 7; Abb. 129) mit den Messingschmelztiegeln (Experimente 8 und 9; Abb. 146) besonders wichtig und ergebnisreich:

Es konnte festgestellt werden, dass die

- Zementationstiegel innen im Schnitt 55 200 ppm Zn,
- dieselben im Bruch durchschnittlich 65 217 ppm Zn
- und aussen 47 000 ppm Zn
- und auf dem *Lutum* schliesslich nur noch 3 913 ppm Zn;
- die Messingschmelztiegel jedoch im Innern nur 3324–12 476 ppm Zn
- und aussen sowie auf dem *Lutum* lediglich noch 579–3 735 ppm Zn

aufwiesen! Dieser Befund ist eindeutig: Eine bis zwei Stunden dauernde Zementation von Messing aus Kupfer mit Zinkerz führt zu *über fünfmal höheren Zinkkonzentrationen* in der Tiegelkeramik als die Zinkaufnahme bei einem einfachen Schmelzprozess⁶⁸⁴. Diese Konsequenz wird auf S. 183 auf die Analyseresultate der römischen Tiegel übertragen.

683 Ich danke auch an dieser Stelle Daniela König für ihre zusätzliche Arbeit und die Erläuterung der Dünnschliffe an einigen Experimentiertiegeln vom 28.10.2014.

684 Thilo Rehren (1999, Tab. 1) hat vier Scherben von kleinen Zementationstiegeln aus Xanten/D (Beispiel Abb. 29,10) analysiert und mit einem normalen Schmelztiegel verglichen. Während Kupfer nur in geringsten Mengen nachweisbar ist (0,01–0,1%), ist Zink mit 0,75–2,54% in den Zementationstiegeln festzustellen, im Normaltiegel jedoch nur mit 0,02% Zn. Ob in letzterem einst Zinnbronze mit wenig Zink oder ein zinkreiches Messing geschmolzen wurde, ist nicht bekannt.

Begriffe

Über den Schmelzprozess und die verwendeten Gusstiegel schweigen sich die antiken Quellen fast ganz aus⁶⁸⁵. Als einziger Begriff in *römischen* Schriften steht *catinus* gelegentlich für Schmelztiegel; in mittelalterlichen Quellen ist er häufiger überliefert. Es sind durchaus auch andere lateinische Begriffe generell für «Gefäss» überliefert, die auch in der Metallurgie – für Tiegel – theoretisch hätten verwendet werden können. Die folgende Liste enthält nur metallurgisch Relevantes⁶⁸⁶:

- **catinus** (v. κοτύλη *kotýlē*, Napf), a) ein irdenes, auf der Töpferscheibe gedrehtes Geschirr, der Napf, b) im allg., zum Schmelzen der Metalle, der «Tiegel, Schmelztiegel» (Hilgers 1969, 48 f. Nr. 91 Anm. 273; 142 ff.), Plin., *nat.* 33, 69 (zur Goldgewinnung, gefertigt aus *tasconium*); 33, 88 (als Reaktionsgefäss zur kalten Aufbereitung von *chrysocollo*); 33, 107 (Silberverarbeitung); 33, 197 (zur Silbergewinnung); 34, 135 f. (zur Kupfergewinnung).
- **dolium**, ein grosses Fass (aus Holz) oder Vorratsgefäss (aus Ton) mit weiter Öffnung, manchmal eingegraben (Hilgers 1969, 58 Nr. 140; 171 ff.).
- **mortarium**, ein Mörser aus Ton (Reibschüssel) oder Stein (Hilgers 1969, 68 ff. Nr. 248; 225 ff.), daraus abgeleitet *moretum* (das in der Reibschüssel Zubereitete).
- **operculum, cooperculum**, (*coperculum*) = *pomation, poma*, der Deckel (Hilgers 1969, 70 f. Nr. 269; 234 f.).
- **pila** (synkop. aus *pisula*, v. *piso*), ein Gefäss zum Stampfen (Hilgers 1969, 252 f. [aus Holz oder Stein]), a) ein Mörser Cato, Ovid u. a. – b) ein Trog der Walker, *pila fullonica* (meist gemauert), Cato *agr.* 10, 5 und 14, 2.

Robert James Forbes nennt als griechische Bezeichnungen zwei Tiegelbegriffe⁶⁸⁷:

- **kálathos**, Schmelztiegel, und
- **periodos**, möglicherweise zur Erzeugung von Tiegelstahl.

In den auf *Griechisch* verfassten *spätantiken Papyri* aus Ägypten finden wir u. a. viele Rezepte aus dem ganzen Bereich der Verarbeitung von Edel- und Buntmetallen sowie zur Textilveredelung, Färberei usw. In den auch die *Metallurgie* betreffenden Rezepten des *Papyrus Holmiensis* und des *Papyrus Leidensis X* werden für Gefässe, Deckel und den Umgang damit die folgenden Begriffe erwähnt⁶⁸⁸:

- ἄγγος (*ángos*), Gefäss, und Verkleinerungsform ἄγγειον (*angeíon*; beide P. Holm. passim [9 *ángos chal-kouín* / Kupfergefäss]; P. Leid. X, 14, 24, 87, 33 usw.). Als Material werden Ton und Metall genannt.
- πηλός (*pelós*), Ton bzw. Lehm zum Festkleben des Topfdeckels; (περι)πηλοῦν ([*peri*]pelouín), den Deckel ringsum mit Lehm festkleben (diese Begriffe – hier nach mittelalterlichen Quellen *Lutum* genannt – in beiden Papyri passim).
- πῶμα (*pōma*), Deckel, bzw. πομάζειν (*pomázein*) und ἐπιπομάζειν (*epipomázein*), mit einem Deckel zudecken (πῶμα und πομάζειν in beiden Papyri passim [P.

Holm. 43, 66, 72, 88 [keine metallurgischen Prozesse]; ἐπιπομάζειν in P. Holm. 11).

- Φιμοῦν (*phimoûn*), befestigen (nämlich den Deckel auf dem Gefäss); bzw. περιφιμοῦν (*periphimoûn*), ringsum befestigen (φιμοῦν im P. Holm. passim; περιφιμοῦν in P. Holm. 14). Das Φιμοῦν des Deckels – hier in Anlehnung an mittelalterliche Quellen *Lutieren* genannt – geschah mit Ton bzw. Lehm (P. Holm. 66, 74).
- χύτρα (*chýtra*), Gefäss, und χυτρίδιον bzw. κυθρύδιον (*chytrídion* bzw. *kythrýdion*), kleines Gefäss (χύτρα und χυτρίδιον im P. Holm. passim; χύτρα auch P. Leid. X, 81; κυθρύδιον P. Leid. X, 96). Material ausser Keramik auch Metall (P. Holm. 17). Gelegentlich wird dabei erwähnt, dass die Gefässe «neu» sein sollen (so z. B. P. Leid. X, 81).
- χώνη (*chónē*) und χῶνος (*chónos*), Schmelztiegel (beide P. Leid. X, 68, 81, 83, 86 usw.).

Bereits im Alten Reich *Ägyptens* gab es einen festen Begriff für Schmelztiegel: «*bd*» (lies: «*bedj*»). Daneben waren auch allgemeine Begriffe wie «*ds*» (lies: «*des*», = Krug) im Kontext mit dem Metallhandwerk üblich. Die Bezeichnungen kommen gelegentlich auf den Beischriften von gemalten Handwerkerszenen in Grabkammern vor⁶⁸⁹.

Ob die römischen Giesser in Augusta Raurica ihre Schmelztiegel *catini* genannt haben, werden wir kaum je erfahren. Dass das einzige *Graffito* auf einem Augster Tiegel just ein gut sichtbares, 10 mm gross eingeritztes «*C*» ist (Abb. 163; Taf. 17, **T501**), könnte jedoch dafür sprechen.

Tonmaterial

Plinius, der in vielen Aspekten der Metalltechnik sehr ausführlich werden kann, beschränkt sich auf einen kurzen Hinweis in Zusammenhang mit der Edelmetallverarbeitung: «... Die Verunreinigung, die aus dem Schmelzofen geworfen wird, heisst bei jedem Metall Schlacke [*scoria*]. Beim

685 Zimmer 1985, 40 f. und 44 f.

686 Ich danke Bruno W. Häuptli für seine Mithilfe (Schreiben vom 19.01.2013). Er weist auf zahlreiche weitere Gefässbegriffe hin, die hier wegen fehlender Hinweise auf Verwendung in der Metallurgie jedoch nicht näher erläutert werden: *aula, aulula, caccabaceus, caccabinus, caccabulus, caccabus, fidelia, frixura, obba, olla, ollicula, ollula, orca, sartago, seria, testa, testaceus, vas, vascellum, vasculum, zema*. Vgl. dazu auch Hilgers 1969, 16 (gewerblich-technische Gefässe: ohne konkreten Hinweis auf Schmelztiegel); 39–86.

687 Forbes 1950, 133.

688 Diese Zusammenstellung verdanke ich Günther E. Thüry (E-Mail vom 31.01.2014). Die Rezeptnummern beziehen sich auf Halleux 1981.

689 Scheel 1985, Tab. 4,3.5. – Ich danke an dieser Stelle Andreas Dorn von der Ägyptologie im Departement Altertumswissenschaften der Universität Basel für seine Auskünfte und Übersetzungen (s. auch unten mit Anm. 693).



Abb. 163: Augusta Raurica. Tiegelrandstück **T501** mit schmissig vor dem Brand eingeritztem Graffito «C» auf der Gefässschulter. Damit könnte ganz trivial «catinus» (lat. für Tiegel) gemeint sein. Da dieser Tiegel nicht mit *Lutum* überzogen wurde, ist die Markierung überhaupt zu sehen. Oben M. 1:2; Foto unten M. 1:1.

Gold wird diese zerstoßen und abermals geschmolzen. Die Tiegel [*catini*] fertigt man aus *tasconium*; dies ist eine weisse, dem Ton ähnliche Erde, denn keine andere hält den Blasebalg, das Feuer und den brennenden Rohstoff aus.»⁶⁹⁰

Im Material von Augusta Raurica findet sich denn auch eine Mehrzahl von Tiegeln aus auffallend *hellem* Ton («hellgrau», «graubeige» und «beige» = zusammen 62,6%; Abb. 2). Dies ist vor allem an den kleinen Exemplaren, auf die oft keine äussere *Lutum*-Schicht aufgetragen wurde, zu beobachten. Unter den meist reduzierenden Bedingungen im Gebrauch sind jedoch viele Tiegel, vor allem an den Keramikoberflächen, dunkel geworden.

Für einen Import von *tasconium* im Sinne von Plinius fehlen jegliche Hinweise. Wir konnten jedoch archäometrisch nachweisen, dass der dominierende helle Tiegelton aus der Gegend von Châtelat/BE im Jura (= Tongruppe 1) stammen muss und vermutlich extern zu Tiegeln getöpfer und in Form gebrannter Tiegel als Handelsware nach Augusta Raurica gelangt ist (s. Beitrag M. Helfert, 149 ff. Abb. 72, 47). Naturwissenschaftliche Befunde an römischen Schmelztiegeln aus Avenches/VD-Aventicum weisen möglicherweise auf dieselbe Châtelat-Tongruppe 1 und somit auf einen ausgedehnten Tiegelhandel hin⁶⁹¹.

Auch ohne schriftliche Quellen ist es offensichtlich, dass römische Prospektoren die Hitzebeständigkeit *heller* (eisenarmer) Lehmvorkommen kannten und abbauwürdige Lagerstätten – selbst in damals entlegenen Gegenden wie dem Jura – entsprechend ausbeuteten.

Herstellung

Über die Herstellung der Tiegel und die Zusammensetzung ihrer Tone erfahren wir noch weniger aus den schriftlichen Quellen.

Im Papyrus Holmiensis und im Papyrus Leidensis X wird gelegentlich erwähnt, die Tiegel sollten *neu* sein (d. h. keine Fremdsubstanzen enthalten) und man solle gewisse Prozesse mit einem *Deckel* (griech. *pôma*) auf dem Tiegel ablaufen lassen. Der Deckel sei mit Ton bzw. Lehm auf dem Gefäss zu befestigen (griech. *peripeloûn* und *phimoûn*)⁶⁹².

Selbst im Alten Ägypten kannte man offenbar die Vorteile *neuer* Tiegel (und die Bruchrisiken gebrauchter Schmelzgefässe), denn mehrere Beischriften gemalter Handwerkerszenen aus Kammergräbern nennen einen «neuen Krug» im Schmelzfeuer⁶⁹³.

Exkurs: Das Depot ungebrauchter Tiegel von Insula 19

Grabungsbefund

Die Insula 19 (Abb. 164) ist allein aufgrund von Tiegelfunden aus der Grabung 1970.053 aufgeführt (Kat.-Nr. **T124–T187**), denn sie erbrachte sonst keinerlei Hinweise auf eine lokale Metallverarbeitungswerkstätte. Die Tiegel sind auffallend einheitlich, durchs Band klein (Taf. 4–6) und stammen aus den obersten, d. h. jüngsten Benutzungshorizonten um 295,00–295,90 m ü. M. und fallen aufgrund der Begleitfunde in den Tiegel führenden Komplexen ins 3. Jahrhundert (s. unten).

Die Grabungsdokumentation von 1970⁶⁹⁴ besteht einerseits aus vielen und guten Fotos, Profilzeichnungen und Detailplänen, andererseits aus einem rein technischen Tagebuch. Hinweise auf spezielle Beobachtungen wie Bronzetröpfchen, Schmelzgruben, grünliche Verfärbungen sowie Deutungen und Interpretationen der Befunde und Feldbeobachtungen fehlen. Die Suche in der Dokumentation innerhalb der durch die Funde tangierten Flächen und Schichten verlief leider ergebnislos: Wir haben aus der Insula 19 *keinen einzigen erkannten und dokumentierten*

690 Plin. *nat.* 33, 69.

691 König 2014, 102–121 (ohne Verifizierung durch Spurenelement-Vergleiche).

692 Zum Beispiel die Rezepte 24 (*Lutum*) und 81 (neuer Tiegel, mit *Lutum*) des P. Leid.: Halleux 1981, 33 f.; 91; 102 f. – Ich danke Günther E. Thüry für die griechischen Transkriptionen.

693 Scheel 1985, Tab. 4, 3.513.14. Mit «Krug» übersetzt Bernd Scheel den hieroglyphischen Begriff «ds» (lies: «des»), womit ein gewöhnlicher Krug gemeint ist. Auf anderen Beischriften ist explizit von Schmelztiegel «bd» (lies: «bedj») die Rede (s. Anm. 689). – Ich danke an dieser Stelle Andreas Dorn von der Ägyptologie im Departement Altertumswissenschaften der Universität Basel für seine Auskünfte und Übersetzungen.

694 Kurzer Vorbericht: Tomasevic u. a. 1971, 210–213 [Sonderdruck: S. XII–XIII].

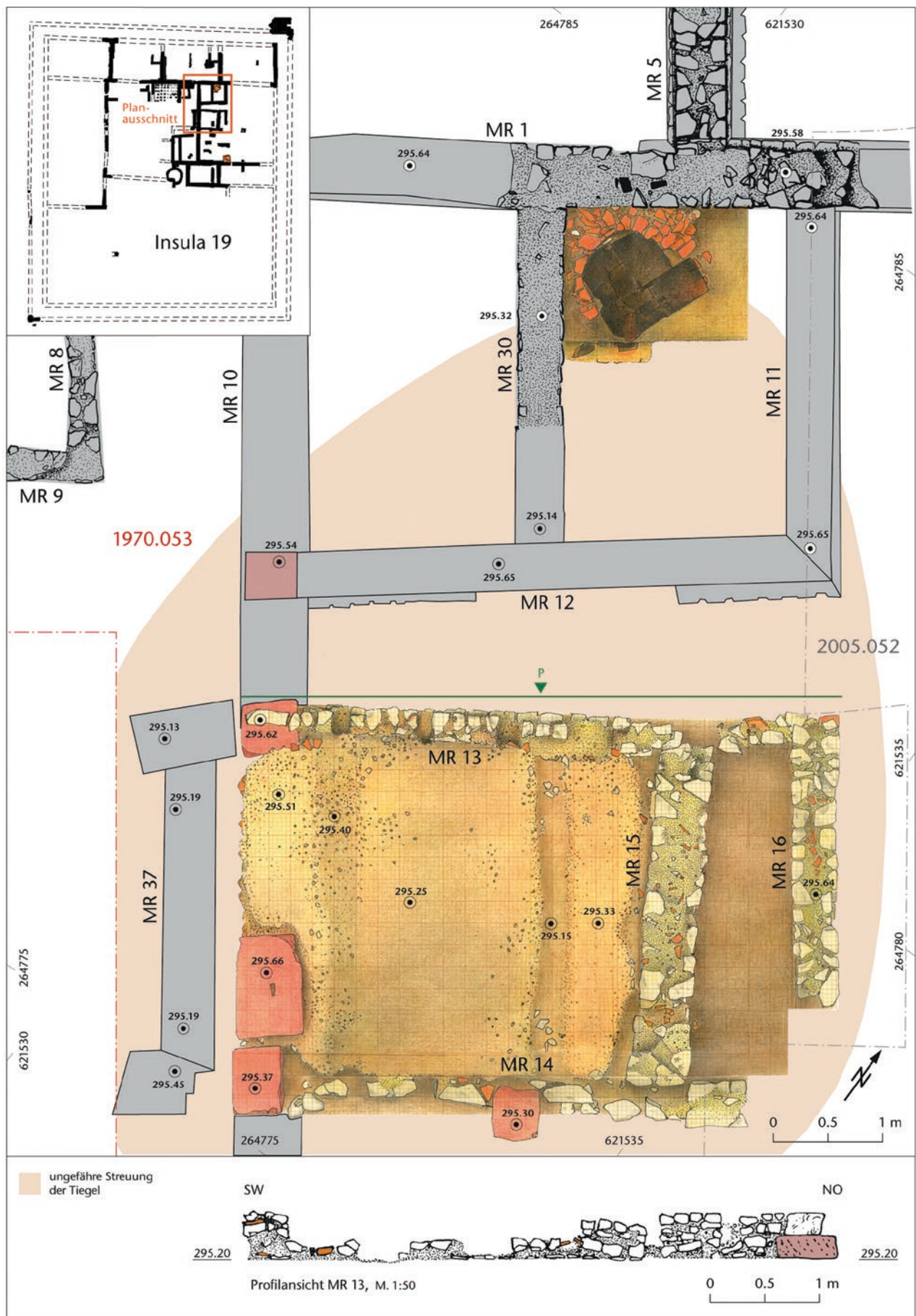


Abb. 164: Augusta Raurica, Augst, Insula 19, Grabung 1970.053. Ausschnitt aus der nördlichen Insulahälfte, letzter Bauzustand. Unten im Detail der von den Mauern 10/13/14/16 umgrenzte Raum (ganz unten Querschnitt bei P). Hellrote ovale Fläche: ungefähre Ausdehnung der vielen kleinen, unbenutzten Schmelztiegel **T124–T187**. Sie fanden sich über diesem relativ hohen Niveau (um 295,00–296,00 m ü. M., Grasnarbe um 296,10 m ü. M.), wohl sekundär verstreut in den oberen Zerstörungs-, Schutt- und Humusschichten. M. 1:50.

Grabungsbefund zum zugehörigen Metallhandwerk. Die Schichten in den entsprechenden späten Nutzungshorizonten sehen nicht so aus, als hätte man hier Werkstattabfälle aus anderen Räumen oder Gebäuden deponiert.

Die unten aufgeführten Tiegelreste stammen aus sechs Fundkomplexen⁶⁹⁵:

- FK A01901 (siehe Katalog): aus einem sehr grossflächigem Abstich über den Mauerkronen (viele Felder), 295,79–296,02 m ü. M., keine Angaben zur Schichtzusammensetzung, mit Keramik von ca. 200 bis ca. 300 n. Chr.
- FK A01902 (siehe Katalog): Felder Q8/Q9, 295,10–295,69 m ü. M., «Schutt, Ziegel, Steine», mit einheitlicher Keramik von ca. 240 bis ca. 280 n. Chr.
- FK A01904 (siehe Katalog): Felder R8/R9, 295,22–295,68 m ü. M., «Schutt, Ziegel, Steine», mit Keramik um 190–300 n. Chr.
- FK A01914 (siehe Katalog): aus einem sehr grossflächigen Abstich über den Mauerkronen (viele Felder), 295,10–296,00 m ü. M., «Humus», mit Keramik um 90–300 sowie vier Münzen, darunter zwei des frühen 3. Jh. (206–210 resp. 211–217 n. Chr.).
- FK A01944 (siehe Katalog; einziges Tiegelbruchstück dieser Grabung mit Benutzungsspuren): Felder P11/P12/Q11/Q12, 295,07–295,11 m ü. M., «Mörtel, Ziegel, Steine», mit Keramik um 170–250 sowie ein Sesterz 69–79 n. Chr.
- FK A01959 (siehe Katalog): Felder R6/R7/R8/R9, 294,99–295,29 m ü. M., «Steine und Ziegel vermischt», nicht durch Mitfunde datiert.
- FK A01995 (siehe Katalog): Felder P8/Q8/R8, 294,79–295,23 m ü. M., «Steine und Ziegel mit Humus vermischt», mit nur wenig (verschleppter?) Keramik um ca. 20 bis ca. 100 n. Chr. (stratigraphisch aber jünger).
- FK A02019 (siehe Katalog): Felder Q6/Q7/R6/R7, 294,87–294,91 m ü. M., «Brandschicht auf unterer Herdstelle» (Abb. 164, oben rechts), mit nur wenig (verschleppter?) Keramik um 40–60 n. Chr. (stratigraphisch aber jünger).

Es scheint, dass die insgesamt 64 Tiegel ursprünglich um die Felder P–R/8–9 deponiert waren (hellrote Fläche auf Abb. 164) und beim Abbruch und Verfall der Insula in die Zerstörungs- und Schuttschichten in einem gewissen Umkreis verstreut wurden.

Vor allem der kleinflächige Fundkomplex A01902 mit Fragmenten von immerhin 16 Tiegeln wurde aus (resp. über) einem 4,5×3,1 m *grossen Raum* geborgen, der von den Mauern 10/13/14/16 begrenzt war. Er wies eine *merkwürdige Struktur* auf (Abb. 164, unten): Den östlichen Abschluss bildete die normale Kalkbruchsteinmauer 16, den westlichen eine Reihe von ursprünglich vier grossen, auf Kies gebetteten Buntsandsteinquadern, und die beiden Abschlüsse Nord und Süd waren lose verlegte Steinreihen. Auf der nördlichen fanden sich die untersten Reste von vier oder fünf gemauerten Sockeln. Quer zu dieser nördlichen Sockelreihe zeichneten sich im Raum selbst – auf Niveau 295,25–295,40 – zwei oder drei dunkle Sedimentstreifen ab (Balkengrübchen?). Offenbar nachträglich wurde mit dem Einzug der leicht schrägen Mauer 15 der Raum auf 3,2 m Länge verkleinert. Man kann den Raum mit seinen halb offenen Längswänden und der Balkensubstruktion weder als Werkstatt noch als Lagerraum deuten.

Zum Fragmentierungs- und Überlieferungsgrad des Tiegeldepots

Die 64 in Fragmenten belegten Tiegel aus Insula 19 sind sehr homogen bezüglich ihrer Tonqualität und -farbe, und auch formal gehören sie alle zum selben «kleinen Normaltyp» (Taf. 4–6). So wie die vielen Fragmente von Insula 19 heute im Museumsdepot liegen, erwecken sie den Eindruck, alle Tiegel seien nur als Einzelfragmente überliefert und keiner sei durch mehrere Scherben vollständig zu rekonstruieren. Dies könnte man dahingehend interpretieren, dass die Serie schon als Bruch, d. h. als Zeugnis eines Missgeschicks beim Töpfer oder Keramikhändler, in den Boden gelangt sei. In Anbetracht der um 1970 in Augst leider gängigen Ausscheidungspraxis beim Inventarisieren ist aber zu berücksichtigen, dass von jedem «Individuum» nur gerade ein Fragment als «Beleg» aufbewahrt worden ist. Einer Interpretation eines *Depots von neuen, kompletten Tiegeln* steht also nichts im Weg.

695 Nicht in diesen späten Horizont in der Insula 19 gehören die beiden Tiegel mit Griffflaschen **T852** und **T851** (Taf. 25). Beide stammen von verschiedenen Stellen in der Insula 19, lagen aber in tiefen Schichten des 1. Jh.

Zusammenfassung

Untersuchungsgebiet

Augusta Raurica war eine römische Stadt am Schweizer Oberrhein bei Basel. Die *colonia* wurde um 15 v. Chr. von L. Munatius Plancus gegründet und erlebte von etwa 10 v. Chr. bis ins frühe 3. Jahrhundert ihre urbane Blüte (Abb. 30). Damals wuchs die Stadtbevölkerung auf rund 16 000 Einwohnerinnen und Einwohner. Im fortgeschrittenen 3. Jahrhundert verödete die Koloniestadt auf dem Plateau infolge der bekannten vielschichtigen Wirren allmählich. Als Folge davon errichtete das Militär um 270 vorerst eine provisorische Befestigung auf Kastelen, und ab etwa 300 das *Castrum Rauracense*, welches im Laufe der Jahrhunderte kontinuierlich in das heutige Dorf Kaiser-augst überging.

Etwa ein Viertel des antiken Stadtareals ist heute ausgegraben. Von den öffentlichen Monumentalbauten wie Theater, Amphitheater, Tempel und Thermen sind grössere Teile oberirdisch erhalten, konserviert und zugänglich, während die Wohnhäuser und Gewerbebauten heute meist wieder überbaut sind. Die zahlreichen Grabungen der letzten 100 Jahre erbrachten 1,7 Mio. Fundobjekte und umfangreiche Grabungsdokumentationen. Diese stehen der aktiven Erforschung der Stadt zur Verfügung.

Augusta Raurica war im 1.–3. Jahrhundert ein wichtiger Verkehrsknotenpunkt. Hier trafen sich die Fernstrassen aus *Raetia* und aus der heutigen Westschweiz (Hauensteinroute), und ab hier führten die neuen Verbindungen Richtung Germanien und rheinabwärts. Hier war der Rhein über mindestens eine Brücke gut zu überwinden, und bis hier war der Strom schiffbar. Ein noch nicht entdeckter Flusshafen muss seit der Stadtgründung ein wichtiger Güterumschlagplatz gewesen sein.

Dank dieser guten geographischen Lage wurde die Oberstadt auf dem Areal der Gemeinde Augst/BL bald ein wichtiger Handwerker- und Handelsort, in dem zahlreiche Gewerbe ansässig waren und Rohstoffe veredelten. Diese Wertschöpfungsprozesse trugen viel zur wirtschaftlichen Bedeutung der Stadt bei. Dazu gehören auch verschiedene Metallverarbeitungsgewerbe. Am besten durch Ausgrabungen und Funde dokumentiert sind die Buntmetallgiessereien. Von diesen werden im vorliegenden Buch die zahlreichen Schmelztiegel vorgelegt; die übrigen Funde wie Fehlgüsse, Gussformen, Halbfabrikate und sonstigen Werkstattabfälle sind erst teilweise publiziert⁶⁹⁶.

Untersuchtes Material

Viele amorphe Fundobjekte, vor allem schlackenartige Gebilde, können mit blossen Auge nicht sicher gedeutet und keinem Handwerk zugewiesen werden. Ähnlich ist es mit den vielen Schmelztiegelresten, die oft grüne Flecken von kupferhaltigen Legierungen aufweisen (Taf. 1–27), aber

nicht unmittelbar erkennen lassen, welche Legierung in ihnen geschmolzen wurde. Andere Reste und Geräte der Metallverarbeitung, wie z. B. Gussformen aus Ton und Stein, Fehlgüsse, Halbfabrikate, mögliche Probiersteine, Schlacken in vielen Farben und die erwähnten unbestimmbaren «dubiosen Objekte» lassen kaum Interpretationen zu, solange sie nicht auf Reste der einst involvierten Metalle hin analysiert sind. Dafür eignet sich ein mobiles pXRF-Gerät ideal und effizient:

Sehr viele dieser Fragen konnten im Museum Augusta Raurica vor Ort, ohne Zerstörung, ohne Probenaufbereitung und in sehr kurzer Zeit mit Hilfe der portablen Röntgenfluoreszenzanalyse (pXRF; Abb. 1), die dank eines Joint Venture mit der Universität Frankfurt a. M. zur Verfügung stand, untersucht werden. Zusätzlich zu den hier vorgelegten archäometrischen Untersuchungen können auf diesem Weg auch Gussformen, Erdproben, Schlacken und andere Gerätschaften analysiert sowie Hunderte von Legierungsbestimmungen vorgenommen werden (an unkorrodierten Bohrspänen der Bronzeobjekte aus Werkstattzusammenhängen).

Die hier vorgelegten Schmelztiegel umfassen die Katalognummern **T1–T893** für die Tiegel (inkl. einige Deckel) und **T894–T897** für die heute bekannten isolierten Reguli aus Tiegeln (Taf. 1–30).

Archäologische und chronologische Charakterisierung der Tiegel

Die meisten der insgesamt 893 Schmelztiegel (98% der Katalognummern) für Buntmetalle aus Augusta Raurica sind scheibengedreht und von eiförmiger Form (Abb. 15). Ihre Ränder sind etwas eingezogen und innen oft etwas verdickt, die Böden sind meist verrundet oder gar spitz zulaufend geformt. Die Tiegel sind etwa 4,5–20 cm hoch (Abb. 16) und fassen zwischen 50 Gramm und über 4 Kilogramm Bronze. Diese dominierende, omnipräsente Grundform wird hier als «Normaltyp» bezeichnet (Abb. 15). Ihre Obergrösse hat einen technischen Grund: Wegen der Materialerweichung der an sich recht strapazierfähigen Tiegelkeramik bei einer Arbeitstemperatur um 1000 °C würde das schiere Gewicht der Schmelze bei über 4 kg Inhalt den Tiegel zum Bersten zu bringen.

Dieser eiförmige «Normaltyp» hatte den Vorteil, dass er gut in die Holzkohle im Schmelzofen oder in die Schmelzgrube eingebettet werden konnte. Beim Abbrennen der Holzkohle konnten Tiegel dieser Form am ehesten im Feuer vertikal absacken, ohne zu kippen und Schmelze zu verlieren. Flachbodige Tiegel sind erst im Laufe des Mittelalters zur Leitform geworden, da diese auf den Ofenboden (Loch-tenne) gestellt und vor allem seitlich beheizt wurden.

696 Furger 1995; Furger 1998A; Furger 1998B.

Eine typologische oder technologisch bedingte chronologische Änderung der Tiegelformen ist trotz einer guten archäologischen Basis mit zahlreichen Fundkomplex-Datierungen nicht erkennbar. Ein Blick auf die *frühesten Tiegel* in Augusta Raurica – aus Fundkomplexen der 1. Hälfte des 1. Jahrhunderts n. Chr., zeigt, dass das Formen- und Grössenspektrum bereits damals das generelle Gesamtbild umfasste. Formale Besonderheiten an den Tiegeln der frühesten Giessereien sind demzufolge nicht auszumachen. Ähnlich verhält es sich in der Spätzeit der Stadt: Bis zu den jüngsten Bronze verarbeitenden Werkstätten um 300 n. Chr. haben sich die Tiegel formal nicht verändert!

Am grossen Material von Augusta Raurica ist demzufolge eine gewisse «Standardisierung» der Schmelzziegel erkennbar («Normaltyp»). Eine solche ist am mittelalterlichen und frühindustriellen Tiegelmateriale noch besser erkennbar. Die erfolgreichsten Schmelzziegel der frühen Neuzeit zeichneten sich aus durch Standardisierung der Formen und Grössen in Kombination mit hitzebeständigen Materialien.

Einzig die Grössen der im Werkstatteinsatz stehenden Tiegel und die Nutzung von fünf verschiedenen Tonsorten (Tongruppe 1–5) zur Tiegelherstellung änderten sich im Laufe der 300-jährigen Stadtgeschichte (Abb. 36). Kleinere Tiegel sind im früheren 1. Jahrhundert und – vermehrt noch – im späten 2. und 3. Jahrhundert besonders häufig, während grosse und sehr grosse Tiegel eine relativ späte Erscheinung sind: Sie treten erst im fortgeschrittenen 2. Jahrhundert vermehrt auf. Man kann darin die Folge einer *Rationalisierung* in den Werkstätten sehen, möglicherweise bedingt durch Formen, die den gleichzeitigen Guss mehrerer Objekte erlaubten oder durch das Füllen mehrerer Einzelformen mit einer einzigen grossen Tiegelcharge.

Importierte Tiegel aus der feinen, hellgrauen Tongruppe 1 kommen von der Mitte des 1. bis ins 3. Viertel des 3. Jahrhunderts vor, mit Schwerpunkt in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts. Demgegenüber zeigen die Tiegel der Tongruppen 3–5 und insbesondere der *lokalen* Tongruppe 2 eine regelmässige Verteilung vom 2. Viertel des 1. bis zur Mitte des 3. Jahrhunderts mit Schwerpunkt in der 2. Hälfte des 2. Jahrhunderts. Diese bezüglich Tiegelgrösse und verwendetem Ton überlappenden Zeitspannen zeigen, dass diese Schmelzgefässe mehr oder weniger gleichzeitig in Gebrauch waren.

Es lässt sich anhand unterschiedlicher Beobachtungen nachweisen, dass die Tiegel aus Augusta Raurica nicht für einmaligen Gebrauch bestimmt waren, sondern wenn möglich immer *mehrfach gebraucht* wurden. Die Mehrfachverwendung ist natürlich stark von der refraktären Tiegelqualität und dem fachmännischen Umgang im Schmelzfeuer abhängig. Die zum Teil extremen Gebrauchsspuren, teilverformte Tiegelkeramik, stark aufgeblähtes, heterogenes *Lutum* und vielschichtige grünliche Beläge, Krusten und Glasuren im Innern (Abb. 6) treten aufgrund experimenteller Erfahrungen erst durch wiederholten Einsatz im

Feuer auf. Im Fall von Tiegel **T547** konnte eine frühe Verwendung mit einer Messinglegierung und eine spätere Verwendung mit einer Bleibronze erkannt werden. Und die Beobachtung, dass das *Lutum* in einigen Fällen durch einen zweiten Auftrag repariert worden ist (Abb. 51), spricht ebenfalls für eine Mehrfachverwendung der meisten Tiegel.

Einige wenige *Sonderformen* treten in Halbdutzend-Grössenordnungen auf: beutelförmige Tiegel mit schmalen Einzug unter dem Rand (Taf. 25, **T842–T850**) oder mit Flachboden (Taf. 26), schälchenförmige Spezialtiegelchen (Taf. 27) und vereinzelt kleine Tiegel mit feinem ausladendem Rand (Taf. 25, **T853.T854**).

Nicht nachgewiesene Tiegelformen

Dass in Augusta Raurica gewisse Formen, die andernorts durchaus geläufig sind, fehlen, scheint angesichts der grossen Fundmenge und Einheitlichkeit der hier behandelten Tiegel kein Zufall zu sein.

In Augusta Raurica *fehlen* zum Beispiel Tiegel mit seitlichem Loch (wie Abb. 44), dreieckige Tiegel (wie Abb. 42) oder grössere Schalentiegel (wie Abb. 26, 10–17). Ob diese Typen speziellen Schmelzprozessen vorbehalten waren, ist beim derzeitigen Forschungsstand nicht auszumachen. Es ist auch an geographische Begebenheiten (Vorliebe für offene Schalentiegel in römischen Fundstätten Grossbritanniens) oder an chronologische Aspekte (flache Dreiecktiegel in der Latènezeit und schlank-hohe im Mittelalter) zu denken.

Nicht viel anders verhält es sich bei den in August / Kaiseraugst kaum nachgewiesenen Kupellen und «Probierscherben». Nur gerade das Stück **T866** (Abb. 98) könnte dazu gehören. Solche kleinen Objekte sind entweder aus speziellem Material geformt (Lehm-Knochenasche-Gemisch für Kupellen) oder es handelt sich um ad hoc verwendete Stücke (defekte Tiegel oder Geschirrscherben; vgl. auch den Amphorenscherbendeckel Taf. 30, **T883**). Derlei Spezialtiegel dienten vornehmlich zum Probieren (traditioneller Begriff für Analysen und Feingehaltsbestimmungen) und gehören erst in nachrömischer Zeit zum geläufigen Inventar.

Arbeitsablauf bei der Tiegelherstellung

Aufgrund der vorhandenen resp. noch nicht vorhandenen Tonfarben und Spuren an ungebrauchten, engobierten und gebrauchten Tiegeln müssen wir uns den Arbeitsablauf bei der Tiegelherstellung folgendermassen vorstellen:

1. Materialgewinnung an verschiedenen, auch externen Standorten, je nach Rohmaterial und Qualitätsanspruch. Nachweisbar sind Kaiseraugst / AG-Zelglihof (ca. 5% aller Tiegel aus Augusta Raurica) und Châtelat / BE im Jura (knapp 95%; Abb. 72, 47).
2. Töpfern der Tiegel auf der Drehscheibe (Abb. 114), trocknen lassen. Dies erfolgte in der Minderzahl der

Fälle mit lokalen Tönen in Augusta Raurica, in der Mehrheit jedoch in einer unbekannten Spezialtöpferei für Tiegel zwischen dem Jura und Augusta Raurica.

3. Oxidierendes Brennen des Tiegels bei über etwa 700–800 °C (lokal) resp. etwa 900 °C (Importware).
4. Die auswärts hergestellten Tiegel (Tongruppe 1) sind *beige bis hellgrau*, manchmal mit leichten grauen Brandflecken aussen (nach Gebrauch im Bruch hellgrau).
5. Die Tiegel aus lokalen Lehmen (Tongruppen 2 und vermutlich auch 3–5) sind stark mit Quarz und etwas Feldspat gemagert und *braunrot* gebrannt (nach Gebrauch dunkelgrau bis schwarz).
6. (Fallweise) Anbringen einer Engobe aus fein geschlammtem lokalem Ton im Innern (Abb. 50).
7. Mischen des *Lutums*, nachweislich in Augusta Raurica mit lokalen Tönen (Tongruppen 2 und vermutlich auch 3–5) und vermengt mit organischen und mineralischen Komponenten (s. unten).
8. Auftragen der *Lutum*-Schicht auf der Aussenseite der gebrannten Tiegel, die vermutlich vorgängig nass gemacht wurden. Es wurden lokale und importierte Tiegel gleichermassen lutiert. Ein nochmaliger Brand mit dem *Lutum* war nicht nötig.
9. Jetzt sind die Tiegel zum Schmelzen von Buntmetallen bereit. Das *Lutum* wird im Giesserherd erstmals gebrannt und erhält seine blasig verschlackte, dicht haftende Struktur. Die Tiegelkeramik wird sekundär reduzierend gebrannt und kann, je nach Ton, hellgrau bis schwarz werden.

Innovation Lutum: Befund und Rekonstruktion

Mit «*Lutum*» (auch «*lutum sapientiae*») wurde im Mittelalter und bis in die Frühe Neuzeit ein Lehmgemisch für Überzüge auf Tiegeln und Laborgefäßen bezeichnet. Das Material ist so beschaffen, dass es einen nachhaltigen Schutz vor Deformation und Bruch in der Hitze des Prozessfeuers bietet und zugleich isoliert, was die Metallschmelze länger flüssig hält. Ein gutes *Lutum* wird mit zunehmender Hitze zähflüssig und klebrig, so dass es den Tiegel bei kleineren Havarien zusammenhält. Rezepte für solche *Lutum*-Mischungen sind in vielen lexikalischen Werken und Alchemistenhandbüchern des 16.–18. Jahrhunderts überliefert (S. 44 ff.); älteste Quellen gehen auf das 4.–9. Jahrhundert (spätantike Papyri; Codices) sowie auf arabische Schriften des 9. Jahrhunderts zurück.

Lutum auf Schmelztiegeln ist jedoch keine Erfindung des Mittelalters (Abb. 12). Praktisch gleiche Rezepturen wurden schon von den Römern konsequent im Buntmetallgiessergewerbe eingesetzt, vor allem in den Nord- und Nordwestprovinzen. So sind viele Tiegel von Augusta Raurica, vor allem die grösseren, mit dieser schützenden und verschlackenden «Verschleisschicht» versehen. Bei den kleinen Tiegeln mit Spuren von Edelmetallen ist dies nur

selten der Fall (Abb. 89 und 90; Taf. 1), bei den grösseren Zementationstiegeln zum Beispiel (Abb. 102) ist ein *Lutum* allgegenwärtig.

Auch wenn aus Ägypten und dem östlichen Mittelmeerraum einige vorrömische Hinweise für *Lutum*-ähnliche Überzüge bekannt sind, darf man diese innovative Massnahme durchaus als *römische Erfindung* bezeichnen. Sie hat die Tiegeltechnologie bezüglich Effizienz, Hitzebeständigkeit und Formstabilität revolutioniert.

Es war deshalb ein Anliegen, diesen bewährten Stoff näher zu untersuchen und zu rekonstruieren, um Arbeitsaufwand, Ressourcen, Arbeitsablauf und Wirksamkeit besser zu verstehen. Die Charakteristika der an den Originalen meist zu beobachtenden glänzenden *Lutum*-Oberfläche, die Art der Bläschenbildung und der farbliche Charakter des Tiegelüberzugs sollten in Experiment 3 nachvollzogen und in den Experimenten 4–9 getestet werden (Abb. 115–148).

Von den vielen in den historischen *Lutum*-Rezepten empfohlenen Zuschlagstoffen zum Grundmaterial Lehm sind 20 Mischungen hergestellt, gebrannt, charakterisiert und analysiert worden. Das Augenmerk lag dabei auf der Fragestellung, welche Stoffe welche Elemente schwerpunktmässig enthalten (Tabelle 7) und was diese im *Lutum* bewirken. Die dem römischen *Lutum* am nächsten kommenden Mischungen (*Lutum* 5, 8, 9, 11 und 13; Abb. 115) enthielten besonders Holzkohlepulver, Salz, Glaspulver, Ross-/Eselsmist und Knochenasche. Der *Klebeeffekt* auf der Unterlage (Tiegeloberfläche) ist bei allen zerfliessenden *Lutum*-Mischungen extrem, verbunden mit der Gefahr des Abtropfens. Es sind *kalzium-, natrium-, phosphor- und eisenreiche* Mischungen, die nach einer Erhitzung auf etwa 1200 °C sowohl eine Formstabilität als auch eine grosse Haftung auf der Unterlage zeigen. Diese mechanisch nicht lösbare Verbindung ist an vielen römischen Tiegeln zu beobachten.

Es kann, wie bereits erwähnt, nachgewiesen werden, dass das *Lutum* aus lokalem Ton gemischt wurde und dass sogar importierte Tiegel damit lutiert worden sind (Abb. 60–67). Es ist zu vermuten, dass dies nicht in den Töpfereien von Augusta Raurica, sondern «vor Ort» direkt durch die Giesser erfolgte.

Das *Lutum* ist auch ein aussagekräftiger Indikator für die *Beherrschung des Schmelzfeuers* und der Luftzufuhr durch die Gebläse. Viele Beispiele optimal und regelmässig verschlackter *Lutum*-Schichten zeigen, dass es die Giesser meisterhaft verstanden, ihr Feuer professionell und effizient zu steuern.

Metallspuren und metallurgische Prozesse

Durch Analysen von Metallspuren in und auf der Tiegelkeramik sowie von metallischen Tröpfchen und Reguli in den Tiegeln konnte eine ganze Palette von Buntmetalllegierungen nachgewiesen werden, wie sie an römischen Fundstellen geläufig sind: Kupfer, Zinnbronze, Zinn-Bleibronze,

Messing, Zinnmessing, Zinn-Bleimessing, Spiegelbronze, silberhaltige Bleibronze und Blei-Kupfer-Legierungen.

Diese *Schmelzprozesse*, die oft im Sinne eines Altmetall-Recyclings erfolgten, fanden meist in den Tiegeln der hellen Tongruppe 1, der eiförmigen Normalform unterschiedlicher Grösse, statt.

Erstmals konnte in der römischen Provinz Germania superior auch die *Messingproduktion durch Zementation* nachgewiesen werden. Vermutlich wurde das von Plinius erwähnte Galmei-Vorkommen in Wiesloch / D hierfür genutzt⁶⁹⁷, das nur 208 km nordöstlich von Augusta Raurica liegt. Die Zementation erfolgte in Tiegeln mittlerer Grösse (Abb. 102), die mit Deckeln (Taf. 29) lose verschlossen wurden. Sowohl in der Tiegel- als auch in der Deckelkeramik liessen sich sehr hohe Zinkwerte nachweisen (Abb. 99). Solche Tiegel mit Verdacht auf Messing-Zementation kommen in allen Grössen des Normaltyps vor (Abb. 102). Interessanterweise enthalten die meisten Tiegel mit aussen leicht verdicktem Rand ebenfalls relativ *hohe Zinkgehalte* (Taf. 25, **T842–T850**). Es liess sich zeigen, dass die *Messingverarbeitung* nicht nur in helltonigen Importtiegeln, sondern tendenziell häufig auch in Tiegeln aus dunkelgrau reduzierten Ton mit starker Quarzmagerung erfolgte. Diese haben öfters auch flache Böden und profilierte Ränder und sind meist aus der lokalen Tongruppe 2 hergestellt.

Das Zementationsverfahren mit Kupfer und Galmei wurde offensichtlich von den «gewöhnlichen Bronzegießern» beherrscht und betrieben; es scheint, dass keine Werkstätten speziell und ausschliesslich in der Messingfabrikation tätig waren. Dafür spricht auch die deckungsgleiche Verbreitung der Zementationstiegel und der normalen Schmelztiegel im Stadtgebiet (Abb. 30 und 101).

Neben metallhaltigen Belägen und den Hinweisen auf die Prozesse (Schmelzen, Zementieren usw.), die stattgefunden haben, wurden auch «Glasuren» näher untersucht, die stets auf die Verarbeitung der Metalle zurückzuführen sind. Es lässt sich feststellen, dass die bunten Glasurflecken auf römischen Tiegeln aus Augusta Raurica in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr heterogen sind. Ein Zusammenhang zwischen ihrem Chemismus und ihrer Farbe lässt sich nur in Ausnahmefällen erkennen (Abb. 5 und 6).

Hinweise auf mögliche «Juweliere» finden sich in einigen Tiegeln mit Spuren von silberhaltigen oder gar goldhaltigen Legierungen. Oft sind diese Tiegel mit Edelmetallspuren sehr klein (Abb. 89 und 90). Hochkarätige Silber- oder gar Goldspuren sind jedoch nicht auszumachen. Die Kartierung zeigt, dass Edelmetalle nicht nur in den Bronzehandwerksquartieren in den zentralen Oberstadt-Insulae verarbeitet wurden, sondern punktuell auch an der Peripherie des Theaters (Abb. 91).

Die sieben *kleinen, schälchenförmigen Tiegel* (Taf. 27) sind alle handgemacht, aus lokalem, dunklem Ton der Tongruppen 2 und 3 hergestellt und meist deutlich gemagert. In ihnen konnten sehr unterschiedliche Metallspuren nachgewiesen werden, was auf verschiedene Prozesse

zurückzuführen ist: einerseits auf Arbeiten mit Silber- und Goldlegierungen, andererseits mit Gemischen, die auch viel Blei sowie Spuren von Quecksilber und Arsen enthalten.

Lokale Tiegelproduktion und Tiegelhandel

16 Tiegel des Augster «Normaltyps» (= 2% des Gesamtmaterials) machten bei der Materialaufnahme den Eindruck, sie seien *neu*, d. h. zwar gebrannt, aber noch nicht im Schmelzfeuer gebraucht worden. Sie zeigen weder Schlackenreste noch Metallspuren. Ihre Keramikoberflächen sind – vom oxidierenden Primärbrand – innen und aussen naturbelassen, manchmal mit schwachen russigen Flecken und von gräulichbeiger bis rötlicher Farbe (Taf. 1, **T7, T13**; 3, **T57**; 12, **T298**; 17, **T504**; 21, **T568**; nicht abgebildet **T80**; **T90**; **T91**; **T92**; **T196**; **T199**; **T237**; **T331**; **T426** und **T613**). Der Riss im Tiegelboden **T504** könnte das Stück schon vor dem ersten metallurgischen Einsatz unbrauchbar gemacht haben. All diese Stücke sind offenbar Zeugnisse der Tiegelvorräte der Giesser und werfen die Frage nach der Herkunft und den Beschaffungswegen dieser Objekte auf.

Ein Tiegeldepot, vermutlich eines Händlers, aus Insula 19 (Exkurs oben mit Abb. 164) umfasste 64 kleine, allesamt ungebrauchte Tiegel.

Handelsgeschichtliche Würdigung des Tiegeldepots aus Insula 19

Die Serie weist ein relativ enges Grössen- und Formspektrum auf (Taf. 4–6, **T124–T187**). 17 dieser Tiegel haben wir analysiert; sie gehören alle der Tongruppe 1 an. Ihr Ton stammt demzufolge aus der Gegend von Châtelat / BE im Jura, 55 km Luftlinie von Augusta Raurica entfernt (Abb. 72). Dieses Ensemble aus Insula 19 (Exkurs oben mit Abb. 164), wo bislang keinerlei Anzeichen einer Gieserei vorliegen, belegt, dass auswärtige Tone auswärtig zu Tiegeln getöpft und gebrannt wurden und als (fast) gebrauchsbereite Handelsware nach Augusta Raurica gelangten (s. oben mit Anm. 557–564). Nur das *Lutum* aus einer lokalen Tonmischung wurde vor Ort in den Metallwerkstätten zur Verbesserung der mechanischen und refraktären Eigenschaften aussen aufgetragen.

Leider kennen wir die auf die Tiegelherstellung mit hoch hitzebeständigem Hupperlehm spezialisierte *Töpferei* irgendwo zwischen Châtelat und Augst nicht. Die Herstellung, der Transport und das Zwischenlagern neuer, noch ungebrauchter Schmelztiegel sind Aspekte der antiken Technik- und Handelsgeschichte, die erst vage Konturen

697 Hildebrandt 1985, 15; Ströbele u. a. 2014, bes. Abb. 2.

anzunehmen beginnen. Dazu gehört auch die Tatsache, dass kaum Töpfereien bekannt sind, in denen Tiegel hergestellt worden sind. Ein solches Beispiel ist die römische Töpferei in Soller/D (Abb. 19,1.2; s. oben mit Anm. 250). Explizit als «ungebraucht» erkannte Tiegel sind ebenfalls nur in Ausnahmefällen vermerkt worden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in den Bronzegiessereien von Augusta Raurica meist importierte Tiegel aus eisenarmem, hellem Hupperton verwendet wur-

den. Der Abbau des geeigneten Huppers und die Verarbeitung zu gebrannten Tiegeln muss in hochspezialisierten Betrieben stattgefunden haben, die sicher nicht nur Augst bedient haben⁶⁹⁸. Nur knapp jeder zehnte Tiegel wurde aus lokalem Ton getöpft hat (Tongruppen 2–5). Wer diese lokalen Produkte mit Ton von Kaiseraugst / AG-Zelglihof und viel Quarzsandmagerung hergestellt und den Giessern verkauft hat, wissen wir mangels Fehlbränden in Töpfereien noch nicht.

698 Leider wurden bei den Analysen einer Tiegelsérie aus Avenches/VD (König 2015, Tabelle 1) zu wenige Spurenelemente gemessen, um eine Korrelation mit der «Referenzgruppe Châtelat» (=Augster Tiegeltongruppe 1) durchzuführen. – Ich danke an dieser Stelle Daniela König für die Ergänzung ihrer Tabelle 1 mit allen gemessenen Spurenelementen und Markus Helfert für den Versuch, die Tongruppen dennoch zu vergleichen (E-Mail vom 22.05.2014: «Zu den Analysen von Daniela König aus Avenches ist zu sagen, dass keine der Proben Messwerte zu Rubidium und Strontium aufweisen, die belegen könnten, dass die Avencher Tiegel aus dem Châtelat-Ton gefertigt wurden.»).

Summary

Research area

Augusta Raurica was a Roman town on the Upper Rhine near Basel in Switzerland. The *colonia* was founded by L. Munatius Plancus in 15 BC and this urban centre flourished between around 10 BC and the early third century AD (fig. 30), during which time its population grew to some 16 000 inhabitants. The colonial town on the Swiss Plateau gradually fell into abandon in the later third century, following the well-known multiple upheavals that affected the region. As a result, the army first erected a temporary fortification on the site of Kastelen in around AD 270, and the *Castrum Rauracense* moved to the lower plain of the Rhine at Kaiseraugst in c. AD 300. After just over a century, the Roman troops left definitively, and the ancient settlement moved to the village of Kaiseraugst, which has been occupied continuously to the present day.

Around a quarter of the ancient urban area has been excavated to date. Among the monumental buildings, large parts of the theatre, amphitheatre, temples and baths are visible above ground, conserved and made accessible to the public, whereas the domestic and commercial buildings are largely located under more recent constructions. The numerous excavations that have been conducted over the last century have yielded 1.7 million artefacts and extensive records. These are available for ongoing research on the town.

Augusta Raurica was an important transport hub in the first to third centuries AD. It was the crossing point of long-distance routes out of Raetia and present-day western Switzerland (the so-called Hauenstein road) and it is here that the new routes towards Germania and downstream along the Rhine started. At least one bridge made it possible to cross the Rhine at Augusta Raurica, and the river was navigable up to that point. A, yet undiscovered, river port must have been an important site for the transfer of goods ever since the town was founded.

Its favourable location made the upper town in the present-day parish of Augst (BL) an important trade and craft centre, hosting numerous manufacturing trades and processing a number of raw materials. These wealth-creation activities contributed in large measure to the economic importance of the town. Various metalworking facilities belonged to this infrastructure. The non-ferrous metal casting workshops, documented by excavations and finds, are best known among them. The present volume is dedicated to the numerous crucibles recovered; other finds, such as failed casts, moulds, semi-finished products and other workshop debris have been published in part only¹.

The material examined

Many amorphous finds, especially slag-like formations, cannot be securely identified by eye, and cannot be attributed to a specific manufacturing process. The numerous crucible fragments, which often have green stains from the copper alloys (pls. 1–27), are in a similar position, as the specific alloys melted in them cannot be immediately identified. Other remains and metalworking equipment, including moulds made of clay and stone, failed casts, semi-finished products, possible touchstones, slags of many different colours and the “dubious objects” referred to above are barely interpretable if their reading is not based on an *analysis* of the materials involved. A portable X-ray fluorescence spectrometer (pXRF) proved to be an excellent and efficient device to conduct such work.

Many questions could be addressed on site at the Augusta Raurica Museum, without damage, without sample preparation, and within a very short time by using such a pXRF-based procedure (fig. 1), which, thanks to a Joint Venture programme, was made available at the Goethe-University, Frankfurt a.M. In addition to the archaeometric investigations presented here, it is also possible to use this procedure to analyse moulds, soil samples, slags and other material, as well as identify hundreds of alloys (on uncorroded drilled samples from bronze objects recovered in workshop contexts). The crucibles presented here are those bearing catalogue numbers **T1–T893** (crucibles and some lids) and **T894–T897** for the isolated finds of *reguli* in crucibles known today (pls. 1–30).

Archaeological and chronological identification of the crucibles

Most, i.e. 98 per cent out of a total of 893 inventoried crucibles used for processing non-ferrous metals at Augusta Raurica, are wheel-turned and egg-shaped (fig. 15). Their rims are slightly inverted and often somewhat thickened on the inside; their bases are mostly rounded or even tapering towards a point. The crucibles are some 4.5 to 20 cm tall (fig. 16), designed to contain between 50 g and over 4 kg of bronze. This basic, ubiquitous shape is defined here as the “normal type” (fig. 15). There is a technical reason for their upper size limit: because of the softening of the material used in the relatively tough clay crucibles at temperatures

1 Furger 1995; Furger 1998a; Furger 1998b.

of around 1000°C, the sheer weight of molten material over 4kg would cause the crucibles to burst.

The egg-shaped “normal type” has the advantage of being easily bedded into the charcoal of the furnace or melting pit. As the charcoal burns, the crucibles of that shape are the most likely to settle vertically in the fire without tipping over and losing their charge. Flat-based crucibles only became the main crucible type during the Middle Ages, when they were placed on the base of the furnace (on its perforated sole) and were heated from the sides.

There appears to be no detectable, typologically or chronologically related change in the shapes of crucibles, despite good archaeological records and many dated assemblages. A glance at *the earliest crucibles* from Augusta Raurica – from assemblages dated to the *first half of the first century AD* – shows that their shapes and the upper limit of their capacity already comprised the general range. Specific formal traits are therefore not detectable on the crucibles of the earliest casting workshops. A similar situation applies to the late period: the crucibles remained unchanged right up to those found in the latest bronze workshops in the town dated to around AD 300!

The large collection of Roman crucibles of “normal type” at Augusta Raurica thus exhibits a degree of “*standardisation*”. Such standardisation is even more evident among the medieval and early modern crucibles. The most successful crucibles of the early modern period are also characterised by their standardised forms and capacity, combined with refractory materials.

Only the *sizes* of the crucibles found in the workshops and the use of five different kinds of clay (fabrics 1–5) changed over the 300-year period the town was occupied (fig. 36). Smaller crucibles are particularly frequent in the early first century AD – and even more common in the late second and third century – while larger and very large crucibles appear relatively late, their numbers increasing in the late second century. This pattern reveals a certain *rationalisation* in the workshops, perhaps owed to the forms present, which made it possible to cast several objects at a time, or because several moulds could be filled in a single charge.

Imported crucibles in fine, pale grey clay fabric 1 appear in the middle of the first century AD and continue to be imported until the third quarter of the third century, the majority of examples being dated to the first half of the third century. By contrast, the crucibles of fabrics 3–5 and particularly the *local* fabric 2 are regularly encountered from the second quarter of the first century to the middle of the third century, with a preponderance of occurrences in the second half of the second century. These phases, which overlap in terms of the size of the crucibles and their fabric types, show that these vessels were in use at approximately the same time.

A number of observations lead us to conclude that the Augusta Raurica crucibles were not destined for a single op-

eration but designed to *be re-used* whenever possible. Multiple use naturally depends on the refractory quality of the crucibles and their skilled handling in the fire. The sometimes very pronounced signs of wear, the partly deformed shape of the ceramics, the markedly puffy and heterogeneous *lutum* and multi-layered greenish residues, crusts and glazing in their interior (fig. 6) appear, as experimental archaeology has demonstrated, only through repeated exposure to fire. Crucible **T547** was shown to have contained a brass alloy in an early phase of use, while later it contained an alloy of lead bronze. The fact that the *lutum* was repaired in a second application (fig. 51) also suggests that most crucibles were used several times.

A few *special forms* appear in quantities of around half a dozen: bag-shaped crucibles with a narrow opening under the rim (pl. 25, **T842–T850**) or with a flat base (pl. 26), small bowl-shaped special crucibles (pl. 27), and isolated small crucibles with a fine everted rim (pl. 25, **T853.T854**).

Unrepresented crucible shapes

The fact that certain types are absent from Augusta Raurica, whereas they are common elsewhere, cannot be fortuitous, given the large collection and uniformity of the crucibles presented in this volume.

Crucibles with a lateral hole (as illustrated in fig. 44) are *absent* from Augusta Raurica, as are triangular crucibles (see fig. 42), or large bowl-shaped examples (as on fig. 26, 10–17). Whether these types were destined for a special process cannot at present be determined. It is possible that such variations are due to geographic factors (such as a preference for open, bowl-shaped crucibles in Roman Britain) or chronological aspects (such as flat triangular crucibles in the La Tène period and narrow, tall crucibles in medieval times).

The cupellation vessels (cupels) and “assay sherds”, barely documented at Augst/Kaiseraugst, are similarly elusive. Only item **T866** (fig. 98) may belong to such a class of artefact. These small objects are either made of a special mix (a mixture of clay and bone ash for cupels) or they are pieces used on an *ad hoc* basis (failed crucibles or pottery sherds; see also the lid made from an amphora sherd illustrated in pl. 30, **T883**). Such special crucibles are primarily used in assays (the traditional term for determining and analysing the fine composition of the metal) and only appear in inventories post-dating the Roman period.

Making crucibles: workflow

Based on the colours of the clay of unused crucibles and the traces on coated and used crucibles, the following workflow can be reconstructed:

1. Acquisition of the raw material at various extraneous sites, depending on the type of material and the quality required. Sites are documented at Kaiseraugst-Zelg-

lihof (AG) (c. 5 per cent of the crucibles from Augusta Raurica) and Châtelat (BE) in the Jura (nearly 95 per cent; fig. 72,47).

2. Wheel-turning of the crucibles (fig. 114) and drying. Only a minority was made of local clay from Augusta Raurica. The majority was made in a yet unlocated special crucible workshop situated somewhere between the Jura range and Augusta Raurica.
3. Oxidising firing of the crucibles at a temperature exceeding 700–800 °C (local crucibles) or around 900 °C (imported examples).
4. The foreign-made crucibles (fabric group 1) are *beige to pale grey*, sometimes with slight grey burning stains on the outside (after use they are pale grey in section).
5. The crucibles made locally (fabric groups 2 and presumably 3–5) are tempered with much quartz and some feldspar and fired red-brown (after use they are dark grey to black).
6. (Occasional) application of a slip on the inside, made of fine, elutriated local clay (fig. 50).
7. Mixing the *lutum* with local clay at Augusta Raurica (fabric groups 2 and presumably 3–5) and adjunction of organic and mineral components (see below).
8. Application of the *lutum* layer on the outside of the fired crucibles, which have probably been wetted beforehand. Local and imported crucibles were treated in the same way. A further firing of the *lutum*-coated crucibles was not necessary.
9. The crucibles are ready for melting non-ferrous metals. The *lutum* is first fired in the furnace, acquiring a blistered, strongly adhering structure in the process. The crucible clay is then fired in a reducing atmosphere and may, depending on the clay employed, become pale grey to black.

Lutum as an innovation: context and reconstruction

The term *lutum* (or *lutum sapientiae*) refers in the Middle Ages and Early Modern period to a layer of clay applied to crucibles and laboratory containers. The material is designed to protect permanently from deformation and breakage in the heat of the fire and provide additional insulation to keep the charge liquid. A good *lutum* becomes viscous and sticky in the heat, ensuring that the crucibles remain whole in case of small mishaps. Recipes for such *lutum* mixtures survive in many lexical works and alchemy manuals of the sixteenth to eighteenth centuries (see pp. 44 ff.). The oldest sources go as far back as the fourth to ninth century AD (Late Antique papyri and codices) and also include Arabic writings of the ninth century.

The *lutum* applied to crucibles is, however, not a medieval invention (fig. 12). Practically identical formulae were consistently used in non-ferrous metal casting in Roman times, especially in the northern and north-western provinces. Thus, many crucibles at Augusta Raurica, particu-

larly the larger examples, were provided with such an additional, protective, slag-forming “sealing layer”. The smaller crucibles bearing traces of precious metal rarely had such a layer (figs. 89 and 90; pl. 1), whereas *lutum* was very frequent among the larger crucibles, for example the cementation crucibles (fig. 102).

Although a few instances of pre-Roman *lutum*-like coatings are known from Egypt and the eastern Mediterranean, this innovative measure can be considered a *Roman invention*, revolutionising crucible technology in terms of efficiency, heat resistance and stability of shape.

It was therefore desirable to examine and reconstruct this reliable material, to better understand the work required, the resources needed, the processes involved and the efficacy gained. The characteristics of the shiny *lutum* surface visible on the original crucibles, the manner in which the blisters formed, and the colour of the coatings were reproduced in Experiment 3 and tested in Experiments 4–9 (figs. 115–148).

From the many materials recommended as additions to the clay in historical recipes for *lutum*, we made 20 mixtures that were then fired, described and analysed. The aim was to assess which materials contained which dominant elements (table 7) and what effect they had on the *lutum*. The mixtures that came closest to Roman *lutum* (*lutum* 5, 8, 9, 11 and 13; fig. 115) contained primarily charcoal powder, salt, powdered glass, horse or donkey manure, and bone ash. The *adhesive properties* on the underside of the coating, i. e. the surface of the crucible, are extreme in all runny mixtures, although connected to problems of dripping. These mixtures, which contain *calcium, sodium, phosphorus* and *iron*, possess *great stability and excellent adhesion to the underlay* after being heated to c. 1200 °C. This mechanically unbreakable bond can be observed on many Roman crucibles.

As mentioned, it has been possible to determine that the *lutum* was made of local clays and that the imported crucibles were also coated with this locally-produced mixture (figs. 60–67). It is likely that this was undertaken *in situ* in the foundries and not in the pottery workshops of Augusta Raurica.

Lutum is a significant indicator of the *mastery of firing* and air supply with bellows. Numerous examples of perfectly and regularly vitrified *lutum* layers illustrate that the casters understood how to manage their firings professionally and efficiently.

Traces of metal and metallurgical processes

The analysis of traces of metal in and on the crucible fabrics, and of droplets and *reguli* in the crucibles, revealed a whole range of non-ferrous metal alloys, as expected on Roman sites: copper, tin bronze, lead bronze, brass, tin brass, tin-lead brass, mirror bronze, silver-rich lead bronze and lead-copper alloys.

The *melting process*, which often involved recycling scrap metal, was mostly carried out in crucibles of the light fabric group 1, in various sizes of the egg-shaped “normal” type.

It has been possible to document for the first time the production of *brass by cementation* in the Roman province of Germania superior. Presumably the calamine (zinc ore) deposits at Wiesloch (Germany) mentioned by Pliny the Elder were used²; these deposits lie only 208 km north-west of Augusta Raurica. Cementation was carried out in crucibles of medium size (fig. 102) provided with a loose lid (pl. 29). Large quantities of zinc proved to be present in the fabric of both the crucibles and the lids (fig. 99). As for crucibles suspected to have been used for brass cementation, they come in all sizes of the “normal” type (fig. 102). Interestingly, most crucibles with slightly outward thickened rims also contained a relatively *high zinc content* (pl. 25, **T842–T850**). The *processing of brass* was shown to have taken place not only in the pale-coloured imported crucibles but also quite frequently in the crucibles made of dark grey reduced clay abundantly tempered with quartz. These crucibles often possess a flat base and profiled rim and are mostly made of the local fabric group 2.

The cementation process with copper and zinc was evidently practised and mastered by the “ordinary bronze casters”; no workshop appears to have exclusively produced brass. The matching distribution of the cementation and normal crucibles in the town also supports this interpretation (figs. 30 and 101).

In addition to the metal-bearing coatings and other indicators of metal production (melting, cementing, etc.), the “glazes” that invariably belong to metal production were also examined more closely. We could establish that the chemical composition of the multicoloured spots of glazing on the Roman crucibles from Augusta Raurica was very heterogeneous. Only in exceptional cases could a link be drawn between their chemistry and their colour (figs. 5 and 6).

Potential “jewellery workshops” may be attested by crucibles with traces of alloys containing silver or even gold. The crucibles with traces of precious metal are generally very small (figs. 89 and 90). Traces of silver or gold with a high carat value are, however, not detectable. The distribution map of precious metal shows that this material was not only present in the bronze working sectors in the central *insulae* of the upper town but also in specific points on the periphery of the theatre (fig. 91).

Seven *small, bowl-shaped crucibles* (pl. 27) are all hand-made out of local dark clay of fabric groups 2 and 3, and mostly clearly tempered. Various traces of metal were identified in them, indicating a variety of processes: silver and gold alloys were produced but also mixtures containing much lead and traces of mercury and arsenic.

Local crucible production and trade

Sixteen crucibles of the “normal type” at Augusta Raurica (2 per cent of the total assemblage) gave the impression during recording that they were *new*, i. e. fired but not used in a melting fire. They do not show any traces of slag or metal residue, and their surfaces – from the oxidising original firing of the clay – are pristine on the inside and outside, occasionally with a few faint stains of soot and of grey-beige to reddish colour (pls. 1, **T7.T13**; 3, **T57**; 12, **T298**; 17, **T504**; 21, **T568**; not illustrated: **T80**; **T90**; **T91**; **T92**; **T196**; **T199**; **T237**; **T331**; **T426** and **T613**). The crack in the base of crucible **T504** could have put the piece out of action even before it was ever used for melting metals. All these pieces seem to indicate that the metal casters *stock-piled* supplies of crucibles and this raises questions as to the origin and procurement of such objects. A deposit of crucibles, presumably belonging to a trader, was found in Insula 19: it consisted of 64 crucibles, all unused.

Assessment of the Insula 19 crucible deposit in terms of trade

The series contains a relatively narrow range of sizes and shapes (pls. 4–6, **T124–T187**). Seventeen of these crucibles were analysed; they all belong to fabric group 1. Their clay therefore comes from the deposits of Châtelat (BE) in the Jura, 55 km from Augusta Raurica as the crow flies (fig. 72). The Insula 19 assemblage (excursus above and fig. 164), in a location where so far there have been no indications of a casting workshop, illustrates that foreign clays were used elsewhere to make and fire crucibles and that these crucibles reached Augusta Raurica (nearly) ready for purpose (see above, with footnotes 557–564). It was only the *lutum* made of local clay that was applied on site in the casting workshops to improve their external mechanical and refractory properties.

Unfortunately, nothing is known about the specialised *kilns*, located somewhere between Châtelat and Augst, that produced the crucibles with highly heat-resistant “hopper” (*Hopperlehm*). The production, transport and temporary storage of new, unused crucibles are aspects of ancient technology and trade history that are only just beginning to come into focus, including the fact that hardly any kilns dedicated to producing crucibles are known. The Roman kiln site of Soller in Germany is an example of such a workshop (fig. 19, 1.2; see above, with footnote 250). Crucibles explicitly described as “unused” have also hardly ever been noted.

In sum, the bronze casting workshops of Augusta Raurica mainly used imported crucibles made of pale “hopper” (*Hopperlehm*). The extraction of that clay and its processing into fired crucibles must have taken place in highly specialised workshops that surely did not just supply Augusta Rau-

2 Hildebrandt 1985, 15; Ströbele et al. 2014, esp. fig. 2.

rica³. Only one in twenty crucibles was made of local clay (fabric groups 2–5). *Who* produced these local items from strongly quartz-tempered clay extracted at Kaiseraugst-Zeltglihof (AG) and sold it to the metal casters still eludes us, since no wasters have been recovered from kilns.

(Translation: Madeleine Hummler)

3 Unfortunately, the analysis of an assemblage of crucibles from Aventicum (Avenches, VD; König 2015, tab. 1) measured too few trace elements, and a correlation with the “Châtelat reference series” (= crucible fabric group 1 at Augusta Raurica) is thus not possible. – My thanks to Daniela König for adding all the trace elements detected to her table 1 and to Markus Helfert for attempting to compare the fabric groups (email dated 22.05.2014: “I must report from the analyses of Daniela König at Avenches that no samples contained measurable values of rubidium and strontium that could indicate that the crucibles from Avenches could have been made of Châtelat clay”).

Katalog der Schmelztiegel

Im folgenden Katalog werden alle bekannten Schmelztiegel und -fragmente aus Augusta Raurica aufgelistet. Darunter befinden sich auch ein frühmittelalterliches Stück (**T871**) und zwei neuzeitliche (**T873.T874**). Die Reihenfolge im Katalog und auf den Tafeln 1–30 ist primär typologisch, sekundär nach Tiegelgrösse und tertiär nach Topographie und Grabung sortiert. Auf den dominierenden «Normaltyp» (Abb. 15) fallen die Katalognummern **T1** bis **T841**. In dieser grössten Gruppe wird die Reihenfolge nach Höhen resp. Durchmesser bestimmt; zwischendurch kommen ganze Serien mit nicht exakt definierbaren Abmessungen (meist Wandstücke), jedoch sortiert nach den Kategorien klein, mittel, gross und übergross. Innerhalb dieser Serien finden sich auch die meisten nicht abgebildeten Stücke. Nach dem «Normaltyp» folgen alle Tiegelsonderformen (**T842–T872**). Ganz am Schluss folgen die Tiegeldeckel (**T875–T883**) und vier isolierte, metallische Reguli aus Tiegeln (**T884–T887**).

Alle mit einem * versehenen Katalognummern sind auf den *Tafeln 1–30* abgebildet.

Auch die naturwissenschaftlichen Untersuchungen, die an zahlreichen Tiegeln durchgeführt worden sind, sind

im Fundkatalog zusammengefasst. Dies betrifft sowohl die älteren Analysen, etwa durch die Metallwerke Dornach/SO, vor allem aber die vielen von Markus Helfert gemessenen pXRF-Werte an den Tiegeln. Hierbei wird im Katalog kein Unterschied gemacht, ob die Messungen an frischen Brüchen der Tiegelkeramik, auf der *Lutum*-Schicht oder im Tiegellinnern auf Schlacken, Glasuren oder auf grünen Bronzeverfärbungen gemacht wurden (die Details gehen aus Tabelle 1 hervor (Link S. 335).

Die *Schwellenwerte* für die relativen *Metallgehalte* (+, ++, +++) wurden aufgrund des analysierten Gesamtmaterials so ermittelt, dass die subjektiv herausragend hohen Konzentrationen im folgenden Katalog jeweils erfasst sind, die weniger bedeutenden «Durchschnittsgehalte» jedoch nur aus Tabelle 1 ersichtlich sind. Die wenigen Fälle, bei denen aus Bronzetröpfchen in Tiegeln Bohrproben entnommen und im Modus «Alloy» präzise auf die Metallgehalte analysiert werden konnten, sind gesondert vermerkt (Tabelle 2).

Die im Tiegelkatalog angegebenen Metallgehalte auf Keramikoberflächen, *Lutum*, Krusten und Schlackenschichten bedeuten⁶⁹⁹:

Kupfer: (Abb. 86)	0–10 000 ppm = keine Erwähnung	10 001–20 000 ppm = Cu	20 001–40 000 ppm = Cu+	40 001–100 000 ppm = Cu++	>100 000 ppm = Cu+++
Zinn: (Abb. 87)	0–9000 ppm = keine Erwähnung	9001–15 000 ppm = Sn	15 001–40 000 ppm = Sn+	40 001–170 000 ppm = Sn++	–
Blei: (Abb. 88)	0–25 000 ppm = keine Erwähnung	25 001–60 000 ppm = Pb	60 001–150 000 ppm = Pb+	150 001–400 000 ppm = Pb++	>400 000 ppm = Pb+++
Zink: (Abb. 102)	0–40 000 ppm = keine Erwähnung	40 001–60 000 ppm = Zn	60 001–100 000 ppm = Zn+	100 001–160 000 ppm = Zn++	>160 000 ppm = Zn+++
Silber: (Abb. 89)	0–1000 ppm = keine Erwähnung	1001–3000 ppm = Ag	3001–8000 ppm = Ag+	8001–65 000 ppm = Ag++	–
Gold: (Abb. 90)	0–19 ppm = keine Erwähnung	20–50 ppm = Au	51–300 ppm = Au+	301–1200 ppm = Au++	–
Quecksilber: (Abb. 92)	0–70 ppm = keine Erwähnung	71–200 ppm = Hg	201–1200 ppm = Hg+	–	–
Arsen: (Abb. 93)	0–5000 ppm = keine Erwähnung	5001–10 000 ppm = As	10 001–30 000 ppm = As+	30 001–80 000 ppm = As++	–
Mangan: (ohne Abb.)	0–1,2 ppm = keine Erwähnung	1,3–6,0 ppm = MnO	6,1–12,0 ppm = MnO+	–	–
Magnesium: (ohne Abb.)	0–4,8 ppm = keine Erwähnung	4,9–10,0 ppm = MgO	10,1–20,0 ppm = MgO+	–	–

⁶⁹⁹ Keine Erwähnung finden geringere Metallspuren, die entweder nur schwach in die Keramik- und *Lutum*-Masse eindiffundiert sind oder die natürlicherweise in den Tonen vorkommen können.

Tafel 1 («Normaltyp» klein)

- T1*** Inv. 1958.2754. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 RS, evtl. 8 WS und 1 BS zugehörig, Dm. 28; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen flächig verglast bis zum Rand (dunkelgrün), aussen am Rand überlaufene flächige Verglasung (dunkelgrün mit roten Flecken). – *Angaben zum Fundort:* FK V01705; Grabungsnummer (intern: «Vorgangsnummer»): 1958.052; Grabungsname: Steinler, Insula 24. – *Befund:* Bis OK Schicht 6 und 11; Feld(er): Schnitt E 119. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.
- T2*** (Abb. 6; 90) Inv. 1996.061.D05302.121. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, sehr kleines Fragment (16 × 11 mm), Wanddurchmesser aussen ca. 28 mm; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein (extrem), dünnwandig (2,6 mm); Oberfläche: innen glasurartiger Belag (braun, rötlich), aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Metallspuren:* Au++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – Dunkelroter Fleck innen: 1,1% Au, sonst kaum Metallspuren ausser Fe (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK D05302; Grabungsnummer: 1996.061; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund:* Gesteinstrümmer mit eingeschwemmtem braunem Sediment, viele Kalksteine (Handquader) mit Brandrötung, verbrannter Tuff und viele Ziegelfragmente; Feld(er): Befundzone 2 (wissenschaftliches Grabungstagebuch 96_61.doc, Skizze 14); Feld: 13; Abtrag: K 13.001. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 180 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T3*** Inv. 1982.4453. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen unebener Schlackenbelag (dunkelbraun), aussen Flecken (weisslich, grau), aussen am Boden roter Schlackentropfen; *Literatur:* Straumann 2010, S. 147f. Kat.-Nr. 470 Abb. 113, links unten; 114; S. 246 Taf. 29, 470. – *Angaben zum Fundort:* FK B07725; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T4*** (Abb. 28) Inv. 1983.24729. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 28; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1, 2?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen Flecken (ockerbeige), aussen am Rand gebrannter graubrauner Lehmwulst (evtl. von angebrachtem Deckel; Abb. 28); Bemerkungen: das *Lutum* endet oben in einem Bruch und es ist unklar, was oben folgte (trichterförmige Deckelaufgabe oder gar eine auflutierte Gussform?). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1; *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1, 3 Messungen). – *Angaben zum Fundort:* FK C00020; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T5*** (Abb. 87–90; 93) Inv. 1963.1330A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, relativ dünnwandig (3–5 mm); Oberfläche: innen an der Wandung dichte Glasur (hellgrün, darunter rot, Abb. 93), aussen tongrundig-dunkelgrau, darüber verglaste Flecken (rot); Bemerkungen: die grüne und rote Glasur ist entlang der vertikalen alten Brüche auch auf die Bruchkanten geflossen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu++ (2 Messungen), Sn++ (2 Messungen), Pb+++ (2 Messungen), Ag++ (3 Messungen), Au++, As++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK W02461; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundsituation:* OK / UK 295,16–294,49 m ü. M. – *Befund:* H45 bis Baugrubenrand Insula 18/25. Strassengraben und Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 210.
- T6*** (Abb. 66; 87) Inv. 1978.17267. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 39; H. aussen 46; Dm. 29; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 2. – *Metallspuren:* Cu++, Sn++, Pb, Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T7*** Inv. 1924.238. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 41; H. aussen 47, Dm. 29; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen naturbelassen; Bemerkungen: gebrannt, aber ungebraucht?; *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,1. – *Angaben zum Fundort:* FK V07439; Grabungsnummer: 1924.061; Grabungsname: Schönbühl; Region 2B (Regionenplan: Abb. 30). – *Befund:* An der Ostseite des grossen Strebepeifers am Nordabhang, in der harten Schuttschicht. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T8*** Inv. 1983.28404. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: fast ganz erhalten, Profil rekonstruierbar, H. innen 47; H. aussen 49, Dm. 29–31 (deformiert); Ton: hellbeige (fast eierschalenfarbig), sandig; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00176; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T9*** Inv. 1979.16612A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS/BS, Profil rekonstruierbar, H. innen 48, H. aussen 50; Dm. 30; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (grau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B02728; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung:* nicht datierbar.
- T10*** (Abb. 86–88; 90) Inv. 1969.630. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 45, H. aussen 55, Dm. 31; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, innen am Rand dunkelrot verglast, aussen *Lutum* (Oberfläche ziemlich glatt), über den Rand quellend, stellweise abgeplatzt; Bemerkungen: unten kleine Werkzeugeindrücke. Berechnetes Volumen: ca. 15 cm³ (Abb. 21). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – *Metallspuren:* Cu+++ , Sn++, Pb++, Zn++, Ag, Au+, As (Tabelle 1). – Grüner Rand innen: Cu+, Pb+, Sn+, Zn (Modus «Alloy»; Tabelle 2); *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,2. – *Angaben zum Fundort:* FK A00553; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:* schuttiger Humus; Feld(er): F27/F28/F0. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T11*** Inv. 1982.24123. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS; Ton: ha, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, dickwandig (10 mm am Boden, 8 mm Wanddicke), Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, kleiner Bodensatz (schwarz, Holzkohlepulver?), Spritzer (grün), aussen *Lutum*; *Literatur:* Straumann 2010, S. 147f. Kat.-Nr. 551 Abb. 113, Mitte; 114; S. 254 Taf. 33, 551. – *Angaben zum Fundort:* FK B08345; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T12* (Abb. 6; 87; 90) Inv. 1967.10305. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 46, H. aussen 54, Dm. 28–29; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen viele Gussplitzer an der ganzen Wand, aussen partielle Glasurflecken (schwarz und dunkelgrün). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – *Metallspuren:* Cu++, Sn++, Pb, Zn++, Au+ (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,3. – *Angaben zum Fundort:* FK Z01676; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5 (möglicherweise auch Insula 31, Grabung 1962.054, FK X01981). – *Befund:* Kanalisationsgraben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: wahrsch. erst 3. Viertel 2.Jh.

T13* Inv. 1924.622. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 51; H. aussen 56, Dm. 32; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen naturbelassen; Bemerkungen: gebrannt (reduzierend?), aber ungebraucht? – *Angaben zum Fundort:* FK U00193; Grabungsnummer: 1924.090; Grabungsname: Streufunde (U-Fundkomplexe); Insula / Region: Altfund «Augst» (Sammlung J. J. Schmid-Ritter). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T14* Inv. 1986.10977. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 35; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (rötlichgrau), aussen naturbelassen, Flecken (ockerbraun); *Literatur:* Furger / Deschler-Erb 1992, 316 Kat. 19/128 (Phase 19) Taf. 78,19/128. – *Angaben zum Fundort:* FK C02041; Grabungsnummer: 1986.058; Grabungsname: Theater Kiosk-Neubau; Region 2A. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: datiert durch Einzelstücke.

T15* Inv. 1983.31666. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 35, H. ca. 58; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen blasige dünne Schlackeschicht (hellgrau), aussen *Lutum* (sehr dünn). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Sn, Pb+, Ag, As (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00352; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T16* Inv. 1979.16612C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen Flecken (grau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B02728; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T17* Inv. 1979.16612B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (hellgrau). – *Angaben zum Fundort:* FK B02728; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T18* (Abb. 89) Inv. 1984.8660. *Objekt:* Tiegel (Passstück zu Inv. 1984.8706). Erhaltung und Masse: 2 WS, Aussen-Dm. ca. 45; Ton: hellgrau, sandig, hart; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen naturbelassen, mit glasurartigen Flecken (dunkelgrün-schwarz), aussen naturbelassen, Flecken (grau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – *Metallspuren:* Cu+++, Pb++ (2 Messungen), Ag+ (2 Messungen), As (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00678; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 70.

T19* Inv. 1982.23551. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz (intakt, komplett als Ganzes erhalten), H. innen 49, H. aussen 61, Dm. ca. 30 (mit *Lutum*-Schicht 36–38); Ton: nicht bestimmbar (kein Bruch); Tiegelform: «Normaltyp» klein, Randprofil nicht bestimmbar, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen verkrustet, Spritzer, aussen *Lutum*, bis über den Rand hinausgehend; *Literatur:* Straumann 2010, Abb. 113, oben links. – *Angaben zum Fundort:* FK B08335; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Befund:* Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 40 bis ca. 60; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T20* (Abb. 8) Inv. 1978.24213. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen >44, H. aussen 69, Dm. ca. 32; Ton: Farbe nicht bestimmbar, da kein Bruch; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Randform nicht bestimmbar, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Rand Schlackenschicht (von aussen verstrichen), innen an der Wandung Spritzer, innen am Boden poröses Bronzedepot, aussen *Lutum* (intakt, bis über den Rand verlaufend). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Bodensatz (Bohrspäne korrodiert): Pb+, Cu+, Zn, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Befund:* Y22/Y23/Z22/Z23/Z24/A.23. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T21 Inv. 1977.3321. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 33; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aussen Flecken (braun). – *Angaben zum Fundort:* FK B00232; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insulae 25/31. – *Fundsituation:* OK/UK 296,09–295,79 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Tafel 2 («Normaltyp» klein)

T22* Inv. 1961.1901. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, mit kleinem altem Ausbruch am Rand, H. innen 54, H. aussen 65, Dm. 31; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer (s. Detailfoto), Bronzetröpfchen, schlackiger Bodensatz (mit länglichem Bronzerest), aussen *Lutum* (dick, stellenweise abgeplatzt [s. Detailfoto], darunter auf innerem Tiegel verglast); Bemerkungen: seitlich Delleneindruck (von Tiegelzange?). – *Angaben zum Fundort:* FK X00173; Grabungsnummer: 1961.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Brandschutt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T23* Inv. 1963.987. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 57, H. aussen 61, Dm. 30; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: aussen und innen an der Wandung naturbelassen, keine Flecken einer Hitzeeinwirkung; Bemerkungen: Volumen: ca. 22 cm³ (Abb. 21); *Literatur:* Martin 1978, Abb. 18,3. – *Angaben zum Fundort:* FK X02445; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* 1. Brandschicht. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 20 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.

T24 Inv. 1984.9727a. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS (evtl. zum Tiegel T25 gehörig), Dm. 30; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1, 2 Messungen). – *Angaben zum Fundort:* FK C00736; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

- T25** Inv. 1984.9727b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS (evtl. zum Tiegel T24 gehörig); Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen an der Wandung dunkelgrün-grauer dünner Belag, aussen naturbelassen, Flecken (braun). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Ag (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00736; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T26** Inv. 2003.051.E07433.3. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 30; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden rund; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK E07433; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund:* Baggerabtrag; Abtrag: B 15.003. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T27*** (Abb. 82; 83; 88; 89; 93) Inv. 1961.6526. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 38; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand und an der Wandung flächig verglast (olivgrün; Abb. 83; 93), aussen vom Rand hinuntergelaufene verglaste Teilfläche (grün mit roten Flecken; s. Detailfoto Abb. 83). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – Metallspuren: Cu++, Sn+, Pb+++, Zn, Ag++, As++ (Tabelle 1). – Grüne Oberfläche innen (Modus «Alloy»): Blei (Tabelle 2); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort:* FK X00429; Grabungsnummer: 1961.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Humoser Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 260.
- T28*** Inv. 1986.21783. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 54, H. aussen 64, Dm. 34; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen grau, viele Bronzespritzer und ein grosser Bronzetropfen (bis unter den Rand), aussen *Lutum* (stellenweise abgeplatzt). – *Angaben zum Fundort:* FK C03134; Grabungsnummer: 1986.003; Grabungsname: Kastell-Südtor, Anbau an Haus Tellenbach; Region 20Z. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T29*** (Abb. 89; 90) Inv. 1967.29586. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 54, H. aussen 64, Dm. 38; Ton: hellgrau bis beige, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen erstarrter, verschlackter Bronzeklumpen (s. Detailfoto), aussen naturbelassen, geringe partielle Graufärbung; Bemerkungen: der Bronzeklumpen ist (ohne Tiegel) ca. 50–70 g schwer. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Sn+, Ag++ (2 Messungen); Au++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – Bodensatz (u. a. Bohrproben): Silber-Bleibronze: 89% Cu, 23% Ag(!), 4% Pb, 1% Sn, 1% Zn (Modus «Alloy»; Tabelle 2); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort:* FK X07759; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 48. – *Befund:* Abdecken der MR 170. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T30** Inv. 1984.7895. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und 3 WS, Dm. 38; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wandung glasurartiger Belag (dunkelgrün), aussen naturbelassen, Flecken (grau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Pb, Ag (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00640; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T31** Inv. 1963.8914. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 39; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, innen am Rand kleiner Rest von aufgetragenem ockerfarbenem Lehm, aussen Flecken (dunkelgrau), *Lutum* (Spuren). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01071; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T32*** Inv. 1960.7121. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, aussen flächig verglast (dunkelgrün); Bemerkungen: *Archäometrische Untersuchung* (Metallwerke Dornach, Bez. «Gusstiegel S 3», vom 04.10.1960): Analyse einer «Silikatprobe»: 71,85% SiO₂; 5,87% Fe₂O₃; 5,08% Al₂O₃; 4,30% CaO; 1,50% MgO; 0,13% CuO; 9,1% Alkalien, 2,17% Glühverlust. – *Angaben zum Fundort:* FK V04243; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schicht 2bis, 3, 3bis. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T33*** (Abb. 83; 88; 89; 93) Inv. 1958.486. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen flächig verglast (dunkelgrün), darüber liegt in der einen Tiegelhälfte ein beige-brauner Sinterbelag (Abb. 83; 93), aussen naturbelassen mit einem Schlackenspitzer. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Pb+++ (2 Messungen), Ag++ (2 Messungen), As++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK V01551; Grabungsnummer: 1958.052; Grabungsname: Steinler, Insula 24. – *Befund:* Schnitt durch den Kanal in E 52. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T34*** Inv. 1963.10994I. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelgrau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen unebene Kruste (anthrazit), etwas Schlacke ist in liegender Position an der Seitenwand erstarrt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T35*** Inv. 1963.6255A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dünner Belag (anthrazit) mit Bläschen, innen am Boden Bronzereste, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Sn+, Zn++, Au, Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00882; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 296,46–296,08 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T36*** (Abb. 28) Inv. 1982.1533. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 42; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, sehr enge Mündung, Rand innen verdickt, Randwulst jedoch relativ dick; Oberfläche: innen am Rand hinunterlaufende Glasurtropfen, aussen *Lutum?* (von Tiegelwand kaum zu trennen), auf Randhöhe horizontal abgestrichen(?); Bemerkungen: die *Lutum*-Oberfläche ist sauber abgearbeitet und zeigt keine Bruchstruktur eines «angeklebten» Deckels oder dergleichen (Abb. 28). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): keine Metallspuren vom Gebrauch nachweisbar (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B08626; Grabungsnummer: 1982.005; Grabungsname: Neubau PTT-Gebäude, Bahnweg; Region 19F. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 40 bis ca. 110; Bemerkung zur Datierung: 1 neuzeitliches Stück.
- T37*** Inv. 1978.24249. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. 42 mm; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken, Spritzer (grün), aussen *Lutum*, darauf ein Bronzetröpfchen. – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

Tafel 3 («Normaltyp» klein)

- T38*** Inv. 1958.2754A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 RS und ca. 24 kleinste WS; Ton: rötlichbeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: aussen naturbelassen, innen verglaster Fleck (grün). – *Angaben zum Fundort:* FK V01705; Grabungsnummer: 1958.052; Grabungsname: Steinler, Insula 24. – *Befund:* bis OK Schicht 6 und 11. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.
- T39*** Inv. 1977.9060. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS; Dm. 43; Ton: rötlichbeige, weich; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK B00022; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 294,97–294,73 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 150; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.
- T40*** Inv. 1991.051.C08319.256. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 44; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen schwarzer dünner Belag, aussen verglaste Flecken; *Literatur:* Schwarz 2002, 252 Abb. 123,3. – *Angaben zum Fundort:* FK C08319; Grabungsnummer: 1991.051; Grabungsname: Kastelen; Insulae 1/2. – *Befund:* Dunkelbraunes bis schwärzliches, humoses Material; sehr viele Funde. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 250 bis ca. 350; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser, Befunddatierung 2. Viertel 4. Jh. (Befestigungszeit Horizont V).
- T41*** (Abb. 66; 86; 87) Inv. 1960.7834. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 44; Ton: dunkelgrau, fein; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer und grüne Gusstropfen (s. Detailfoto), aussen kohlige schwarze Flecken; Bemerkungen: Gusspritzer sind auch oben am Rand erstarrt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 2. – *Metallspuren:* Cu⁺⁺⁺, Sn⁺⁺, Pb⁺⁺, Au, As⁺ (Tabelle 1). – *Tropfen am Rand* (Bohrspäne; Modus «Alloy»): Zinn-Bleibronze: 83% Cu, 9% Pb, 6% Sn (Tabelle 2); *Literatur:* Furger 1998A, 136. – *Angaben zum Fundort:* FK V04332; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 1 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 260; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.
- T42*** (Abb. 89) Inv. 1966.17004. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen glasig-heterogen (hellgrün), aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – *Metallspuren:* Cu⁺⁺, Pb⁺⁺, Ag⁺⁺, Au⁺, As (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK U00049; Grabungsnummer: 1966.090; Grabungsname: Streufunde (U-Fundkomplexe); Insula / Region: Streufund «Augst» 1966. – *Befund:* «von Frau Prof. Schmid gefunden», FO unbekannt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T43*** (Abb. 87; 102) Inv. 1968.2054. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 71, H. aussen 82, Dm. 38–42 (deformiert); Ton: dunkelgrau; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*, mit stark hervorragenden Tropfen (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu⁺⁺⁺, Sn⁺⁺, Zn⁺⁺⁺, Au⁺ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK X07890; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 43. – *Befund:* Schutt, Kalksteine, Mörtel, Ziegelfragmente mit viel Russ; nördl. Teil heller, südl. schwarz von Russ. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.
- T44*** Inv. 1964.231. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, 2 WS und Tiegelboden, Profil rekonstruierbar, H. innen 68; H. aussen 79; Dm. 43; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schwarzer glasiger Schlackenbelag, darüber Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten einige Eindrücke in der *Lutum*-Schicht und leichte Eindellung im Tiegel selbst (vom Druck der Tiegelzange auf die erweichte Keramik?). – *Angaben zum Fundort:* FK X03054; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Streufunde. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T45*** Inv. 1961.1552. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 72, H. aussen 78, Dm. 39–42 (leicht deformiert); Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Spritzer und kleine grüne Flecken, aussen *Lutum*, über den Rand quellend (s. Detailfoto); Bemerkungen: aussen sehr unförmig verschlackt, am Boden stark zerdrückt; *Literatur:* König 2014, 104ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,4. – *Angaben zum Fundort:* FK X00139; Grabungsnummer: 1961.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Humus und Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T46*** Inv. 1963.1061a. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 40; Ton: grau, fein; Tongruppe 1?, 2?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (graubraun), aussen dünne graue Lehmschicht aufgetragen (nicht verschlackt; s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1; *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1, 2 Messungen). – *Angaben zum Fundort:* FK X02281; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* Schutt (Oberflächenschutt). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T47** Inv. 1984.4631. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 35; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen am Rand viele grüne Bronzespritzer, aussen naturbelassen, mit Schlackenleck. – *Angaben zum Fundort:* FK C00543; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T48** Inv. 1970.9060. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 42; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK A02727; Grabungsnummer: 1970.051; Grabungsname: Fortunastrasse 3–7; Insula 22. – *Fundsituation:* OK/UK 293,78–293,51 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 70.
- T49** Inv. 1979.16613. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. 45; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aus naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK B02728; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T50** Inv. 1963.1255. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 45; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (grün-grau gefleckt), aussen partiell am Rand Glasur (dunkelgrün). – *Angaben zum Fundort:* FK X02450; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* Schicht 6: Mörtel, westl. Baugrube. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 10 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.
- T51** Inv. 1979.18597. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 45; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben*

zum Fundort: FK B03172; Grabungsnummer: 1979.054; Grabungsname: Falk; Insula 29. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210.

T52* Inv. 1963.10360. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: grau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen tongrundig grau, am Boden Spur der Gusspeise (ca. 24 mm hoch im Tiegel; s. Detailfoto), aussen *Lutum* (bis 13 mm dick); Bemerkungen: verschiedene Abdrücke in der verschlackten Schicht. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01166; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Strassengraben, südl. P 62, westl. MR51. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 190 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 50 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: uneinheitlich.

T53* (Abb. 8) Inv. 1963.10312. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS aus Bodennähe; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Spritzer, Oberfläche schwarz-glänzend, aussen *Lutum* (sehr dick); Bemerkungen: unter den verschlackten Spritzern im Innern Negativ des Metall-Regulus (muss nur ca. 20 dick gewesen sein; s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu++, Sn+, Pb (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01208; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T54* Inv. 1962.8525. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, stellenweise orangebraun verfärbt; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen an der Wandung verglaster Fleck (dunkelgrün), daneben Spritzer, aussen an der Wandung naturbelassen; Bemerkungen: die Erstarrung der Glas- und Schlackenreste im Innern lassen darauf schliessen, dass der Tiegel liegend erstarrt ist (s. Detailfoto); *Literatur*: Furger 1998A, 136. – *Angaben zum Fundort*: FK X02158; Grabungsnummer: 1962.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund*: Steine, Kies und sehr humos. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250; Datierungsqualität: (die Keramikdatierung wird durch die Fundhöhe bestätigt).

T55* (Abb. 87) Inv. 1983.38885. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, Aussen-Dm. ca. 6; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen dicke heterogene Bronzeschicht (grün, Abb. 87), aussen *Lutum*; Bemerkungen: horizontaler Abdruck vermutlich einer Tiegelflange in der äusseren *Lutum*-Schicht. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu++, Sn++, Pb (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK C00444; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund*: Graben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T56* Inv. 1938.1776. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden hellgrauer Belag, aussen weisser Belag; Bemerkungen: der helle Belag innen mit spiralförmiger Oberfläche (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK V00224; Grabungsnummer: 1938.051; Grabungsname: Frauenthermen; Insula 17 (Frauenthermen). – *Befund*: westlich der Aussenmauer bis 1 m Tiefe; Raum B. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T57* Inv. 1924.623. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz (4 Fragmente), H. innen 46; H. aussen 53; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden rund, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen kohlige schwarze Flecken; Bemerkungen: innen am Boden enge Vertiefung (offen, nicht gefüllt [s. Detailfoto]); ungebraucht (trotz schwarzer Schmauchspuren aussen)? – *Angaben zum Fundort*: FK U00193; Grabungsnummer: 1924.090; Grabungsname: Streufunde (U-Fundkomplexe); Insula/Region: Altfund «Augst» (Sammlung J.J. Schmid-Ritter). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T58 Inv. 2006.055.E01855.83. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz auslaufend; Oberfläche: innen naturbelassen; aussen Rest von *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E01855; Grabungsnummer: 2006.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund*: humose Sedimente, modern. – *Fundkomplexdatierung*: keine, mit neuzeitlichem Material vermischt.

T59 Inv. 1976.9610. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS, 2 BS; Ton: braun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein (Aussendurchmesser nur 35 mm), Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schwarz, aussen schwarz-russig. – *Angaben zum Fundort*: FK A07631; Grabungsnummer: 1976.055; Grabungsname: Forum Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Fundsituation*: OK/UK 293,15–291,85 m ü. M. – *Befund*: Sondiergraben A. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage, nur 2 RS.

T60 Inv. 1979.16196. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS/WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen weisser Belag, aussen leicht fleckig; Bemerkungen: in der Wandung Fabrikationsfehler: Loch von ausgebrochenem Kiesel(?) von 5 mm Grösse, gegen innen erst sekundär eingebrochen. – *Angaben zum Fundort*: FK B01961; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 200 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: unsicher; evtl. noch mittelalterliches Material.

T61 Inv. 1979.7206. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelbraun verbrannt, feine Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, Flecken (dunkel rot-grau). – *Angaben zum Fundort*: FK B01979; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T62 Inv. 1979.12091. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS/WS; Ton: hellgrau, fein, mit erkennbarer Quarzmagerung (Körner treten vereinzelt an die Oberfläche); Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen beige, aussen Flecken (schwarz). – *Angaben zum Fundort*: FK B02715; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T63 Inv. 1938.1777. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden Spritzer, aussen weisser Belag; Bemerkungen: unten am Boden erstarrter *Lutum*-Tropfen (Dm. 10 mm). – *Angaben zum Fundort*: FK V00224; Grabungsnummer: 1938.051; Grabungsname: Frauenthermen; Insula 17 (Frauenthermen). – *Befund*: westlich der Aussenmauer bis 1 m Tiefe; Raum B. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T64 Inv. 1966.7824. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, kleiner hellbrauner Schlackenleck am Boden, aussen naturbelassen; *Literatur*: Schatzmann 2013, 274 Taf. 15, 224. – *Angaben zum Fundort*: FK X06794; Grabungsnummer: 1966.053; Grabungsname: Neubau Olloz; Insula 20. – *Befund*: humoser Oberflächenschutt in H6 schon recht mörtelig. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: hum. Oberflächenschutt.

T65 Inv. 1962.1156. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: untere Tiegelhälfte; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen flächig verglast (grau) und Spritzer. – *Angaben zum Fundort*: FK X01417; Grabungsnummer:

1962.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – Fundsituation: OK / UK 295,67–295,40 m ü. M. – *Befund*: vermischte Gebrauchsschicht. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T66 (Abb. 13,I) Inv. 1960.7058. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: untere Tiegelhälfte; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten Abdruck eines kleinen Werkzeugs (12×4 mm; Abb. 13,I). – *Angaben zum Fundort*: FK V04234; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T67 Inv. 1963.9144. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau dünn verschlackt, unten Flecken (braunrot), aussen *Lutum* (mit grossen Tropfen nach unten). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00952; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 160; Datierungsqualität: wenig Material.

T68 Inv. 1963.10311. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS / BS; Ton: hellgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (dunkelbraun), Spritzer, aussen *Lutum* (dick). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01208; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T69 Inv. 1963.10994G. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau, innen am Boden Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – Fundsituation: OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T70 Inv. 1964.231A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS / BS; Ton: braun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen rotbraun, innen Spritzer (tonfarben), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X03054; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Streufund. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T71 Inv. 1978.24250. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen glasurentiger Belag (rotbraun), Spritzer und Bronzetröpfchen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T72 Inv. 1978.16040. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: schwarz verbrannt; Tiegelform: sehr klein, Boden rund; Oberfläche: innen schwarz verbrannt, kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01898; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. –10 bis ca. 30.

T73 Inv. 1978.16041. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Aussen-Dm. 34 (mit *Lutum*-Schicht 47), H. ca. 52; Ton: schwarz verbrannt; Tiegelform: sehr klein, Boden rund; Oberfläche: innen schwarz verbrannt, kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum*; Bemerkungen: mit Inv. 1978.16040 (**T72**) fast identisch. – *Angaben zum Fundort*: FK B01898; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. –10 bis ca. 30.

T74 Inv. 1983.26245. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: aussen grau, innere Oberfläche fast weiss verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen glasurentiger Belag (schwarz), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00070; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T75 Inv. 1983.27472. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden innen rund, aussen eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (graubraun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00127; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund*: Grube. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T76 Inv. 1983.27827. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: graubeige verbrannt (im Bruch rotbraun), sandig, durch Hitze porös-leicht geworden; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen blasig aufgequollen (graubraun), aussen weisslich verbrannt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK C00149; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T77 Inv. 1983.33336. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz mit mehreren Bronzeflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK C00364; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 275.

T78 Inv. 1979.8279. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (dunkelgrün, dünn), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten drei Werkzeugeindrücke in der *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort*: FK B01954; Grabungsnummer: 1979.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 250 bis ca. 310.

T79 Inv. 1984.2361. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sehr sandig (absandend); Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (aussen verrundet); Oberfläche: innen dunkelgrauer Schlackenfilm, aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK C00521; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund*: Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T80 Inv. 1984.7836. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, bis fast zum Rand erhalten (Höhe aussen 55–60 mm); Ton: hellgrau bis hellbeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?). – *Angaben zum Fundort*: FK C00640; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund*: Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T81 Inv. 1984.7837. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen hellbeiger Tonbelag, aussen naturbelassen, Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort*: FK C00640; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund*: Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T82 Inv. 1972.5536. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS / BS; Ton: hellbeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (keine Gebrauchsspuren). – *Angaben zum Fundort*: FK A03775; A03781;

A03783; A03784; A03785; Grabungsnummer: 1972.053; Grabungsname: Rauschentalstrasse Palazzo; Insula 41/47 («Palazzo»). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T83 Inv. 1968.11908. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (beige, grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A00137; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 49. – *Befund*: Abnehmen des Humus. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T84 Inv. 1981.12860. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden rund; Oberfläche: innen an der Wandung grau verbrannt, innen am Boden rostbrauner Bodensatz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07603; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T85 Inv. 1985.32530. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (grau und rostbraun), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten ist ein hängender *Lutum*-Tropfen erstarrt. – *Angaben zum Fundort*: FK C01565; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275.

T86 Inv. 1985.32531. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (braungrau), aussen naturbelassen, Flecken (grau und hellbeige). – *Angaben zum Fundort*: FK C01565; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275.

T87 Inv. 2004.058.E06968.23. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beigebraun verändert, weich; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen uneben aufgeblasen (beigebraun), darunter aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E06968; Grabungsnummer: 2004.058; Grabungsname: Osttor; Region 7D. – *Befund*: untere Schicht der Grubenfüllung; vor allem in der Vertiefung im Südteil. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T88 Inv. 1979.7112. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelrot-braun, feine Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (stumpf dunkelrot-braun), leicht fleckig; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Angaben zum Fundort*: FK B01980; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T89 Inv. 1979.16612D. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (grau). – *Angaben zum Fundort*: FK B02728; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T90 Inv. 2003.051.E07451.16. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: hellgrau, hart gebrannt; Tiegelform: «Normaltyp» klein (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?); Bemerkungen: heller Ton und innere Drehritzen typisch für Tiegel. – *Angaben zum Fundort*: FK E07451; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund*: Aushub bei Wasserschieber ca. Laufmeter 110 (Parzelle 1001). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T91 Inv. 2003.051.E07453.13. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige-grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?); Bemerkungen: heller Ton typisch für Tiegel. – *Angaben zum Fundort*: FK E07453; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund*: Schicht zwischen Mauer MR 14 und MR 15. «Durcheinander» aus zerstückelten Sandsteinen und einigen Kalkbruchsteinen, dazwischen zum Teil Hohlräume. Viel roter Sand von aufgelösten Sandsteinen, kein erdiges Sediment. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T92 Inv. 2003.051.E07461.31. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen Flecken (grau, braun; ungebraucht?); Bemerkungen: innere Drehritzen typisch für Tiegel. – *Angaben zum Fundort*: FK E07461; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund*: sandiges, bräunliches bis hellgräuliches Material. Kalkbruchsteine unterschiedlicher Grösse, etwas feiner Kies, kleine Mörtelstücke (gelblicher bis weisser Kalkmörtel, ein grosses Stück), kleinste Ziegelsplitter, vereinzelt Holzkohle. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T93 Inv. 1996.061.D05016.192. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: anthrazit verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D05016; Grabungsnummer: 1996.061; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund*: humoses Material, bräunlich mit feinen Ziegelfragmente und Kalksteinstückchen. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 180 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T94 Inv. 1970.5743. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen dünne schwarze Schlackenschicht und Spritzer, aussen z. T. weiss verglast mit grünen Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A02698; Grabungsnummer: 1970.051; Grabungsname: Fortunastrasse 3–7; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 291,50–290,60 m ü. M. – *Befund*: Pozzo. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100.

T95 Inv. 1988.051.C04901.380. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, völlig verbrannt (blasig-leicht); Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen graue Lehmflecken, aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK C04901; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Befund*: humos-sandiges Material, mit Kiesel, Kalksteinsplittern, Ziegelfragmenten, Material allgemein verkohlt, Schlacken. Kieselbollen, Kalkbruchsteine, Mörtel. Dunkelgrau-schwarz. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 90 bis ca. 130; weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210; Datierungsqualität: (vereinzelt) Späte Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: z. T. Neuzeit.

T96 Inv. 1988.051.C04994.27. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Flecken (weiss, beige), aussen schwarz mit Schlackentropfen. – *Angaben zum Fundort*: FK C04994; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 293,28–293,05 m ü. M. – *Befund*: sandig-siltiges Material, allgemein verkohlt, mit Kiesel, Holzkohlepartikel, Ziegelstückchen, eingelagerte gelbe Lehmlinsen. Dunkelgrau-schwarz-beigegleich. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: oder später, schichtdatiert.

T97 Inv. 1978.698. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden rund; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Un-*

tersuchung (pXRF): Metallspuren: Cu+, Sn+, Pb, Zn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B00436; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,86–295,24 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 150.

T98 Inv. 1978.24297. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 13 WS (Sammelnummer); Ton: hellgrau; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen oft dunkler Belag mit Spritzern. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T99 Inv. 1978.24298. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 6 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen viele grüne Metalltröpfchen und sandiger Belag (grünlich), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu++, Sn+ (2 Messungen), Pb, Zn+++ (3 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T100 Inv. 1978.9705C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen körniger Belag (braun bis anthrazit), aussen *Lutum* (bis 23 mm dick). – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T101 Inv. 1981.7044b. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen weisser, sehr unebener Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07202; Grabungsnummer: 1981.051; Grabungsname: Insula 35. – *Fundsituation*: OK / UK 296,98–296,17 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 230 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T102 Inv. 1983.24236. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (dunkelbraun, stumpf), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00018; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T103 Inv. 1983.33750. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Spritzer (grün und dunkelbraun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00364; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 275.

T104 Inv. 1983.39817. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen grau, Spritzer, aussen *Lutum* (bis 21 mm dick). – *Angaben zum Fundort*: FK C00466; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T105 Inv. 1984.314. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK C00509; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T106 Inv. 1984.670. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen

kohlige schwarze Flecken und Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00509; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T107 Inv. 1984.3555. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braungrau (verbrannt), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen dunkel rötlichgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00528; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 220 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T108 Inv. 1984.4633. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Flecken (grau, hellrot, beige), aussen naturbelassen, mit rotbraunem glasurartigen Fleck. – *Angaben zum Fundort*: FK C00543; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T109 Inv. 1984.7727. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellbeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (grau), aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK C00637; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund*: Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T110 Inv. 1978.14666A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, völlig verbrannt; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+, Sn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B02247; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Fundsituation*: OK / UK 295,21–293,80 m ü. M. – *Befund*: Hohwartstrasse und Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 10 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T111 Inv. 1968.5436. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Spritzer, aussen Schlackenleck (abgeplatzte *Lutum*-Schicht?). – *Angaben zum Fundort*: FK X07916; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2 / A3; Insula 43. – *Befund*: sandig, mit Lehmbröckchen durchsetzt, Holzkohle. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 130.

T112 Inv. 1967.10305B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, mehlig verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen schwarze Engobe und glasurartiger Belag (dunkelgrün), stellenweise sekundär über die Bruchkanten gelaufen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Z01676; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5 (möglicherweise auch Insula 31, Grabung 1962.054, FK X01981). – *Befund*: nur Kanalisationsgraben. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: wahrsch. erst 3. Viertel 2. Jh.

T113 Inv. 1967.10165. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, Innendurchmesser 50; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen dunkelgrau, Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der *Lutum*-Schicht feine parallele Striemen. – *Angaben zum Fundort*: FK Z01675; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5/9 («Taberna»). – *Fundsituation*: OK / UK 290,90–287,50 m ü. M. – *Befund*: nur Kanalisationsgraben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T114 Inv. 1981.14316B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T115 Inv. 1997.060.D08553.269. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS (klein); Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein (Tiegel?); Oberfläche: innen glasurartiger Belag (anthrazit), aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK D08553; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund:* braunes sandiges Sediment mit Kalksteinsplitter, Leistenziegelfragmenten und Mörtelresten. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 160 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T116 Inv. 1986.2411. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen dünner Belag (schwarz), aussen naturbelassen, Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK C01495; Grabungsnummer: 1986.053; Grabungsname: Gärtnerei Wyttenbach; Insulae 51/52. – *Befund:* Platz- und Vorgartengestaltung südl. Oekonomiegebäude Wyttenbach. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T117 Inv. 1978.17500. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Flecken (braun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B02404; Grabungsnummer: 1978.004; Grabungsname: C. Schneider, Äussere Reben; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 210.

T118 Inv. 2011.001.F09341.692. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, hart; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen grau mit Flecken; aussen *Lutum* (mit Tropfennase). – *Angaben zum Fundort:* FK F09341; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation:* OK / UK 272,73–271,79 m ü. M. – *Befund:* Schutt in braunem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 100 bis ca. 150; weite Datierung von ca. 170 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T119 Inv. 1985.20776. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen rötlichgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C01537; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: evtl. noch 4. Jh.

T120 Inv. 1985.32532. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK C01565; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275.

T121 Inv. 1985.61110. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Schlackenbelag (glasig-dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C01707; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T122 Inv. 1985.66055a. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Flecken (braun), aussen *Lutum* (dick). – *Angaben zum Fundort:* FK C01738; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 30 bis ca. 150; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T123 Inv. 2006.051.F01983.64. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen Flecken (grau); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK F01983; Grabungsnummer: 2006.051; Grabungsname: Obermühle; Region 9D (Rauricastrasse). – *Befund:* aschegraues bis schwarzes, siltig sandiges, feines Sediment. Von sehr vielen Eisenfragmenten stellenweise rostig verfärbt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 60 bis ca. 180; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

Tafel 4 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)

T124* Inv. 1970.481. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 RS, 1 WS, 1 Tiegelfboden, Profil rekonstruierbar, H. innen 53, H. aussen 58, Dm. 29; Ton: schwarz verbrannt, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen schwarz verbrannt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A01914; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 300.

T125* Inv. 1970.1196. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 35; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation:* OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T126* (Abb. 59) Inv. 1970.5199. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz, aussen verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T127* Inv. 1970.3365. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS/WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen schwarz überfleckelt. – *Angaben zum Fundort:* FK A01995; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation:* OK / UK 295,23–294,79 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 80 bis ca. 280.

T128* (Abb. 59; 82) Inv. 1970.5202. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS/WS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehrollen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1; 6-2-1 und 6-3; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, 219 Abb. 3,7. – *Angaben zum Fundort:* FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T129* Inv. 1970.1205. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: schwarz verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Bo-

den eiförmig-spitz; Oberfläche: innen braune Verfärbung, aussen dunkelgrau; Bemerkungen: innen scharfe Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T130* Inv. 1970.5203. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T131* Inv. 1970.1122. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS (anpassend); Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen sehr deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01901; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Befund*: Humus. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: wenig 1. Jh.

T132* Inv. 1970.1199. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS / WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (grau); Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Befund*: Q8 / Q9. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T133* Inv. 1970.3364. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01995; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,23–294,79 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 280.

T134* Inv. 1970.1204. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (schwarz). – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T135* Inv. 1970.3366. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und BS (nicht anpassend), Profil rekonstruierbar, Dm. 42, H. innen 70, H. aussen 76; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, aussen schwacher grauer Fleck. – *Angaben zum Fundort*: FK A01995; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,23–294,79 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 280.

T136* Inv. 1970.5209J. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 43; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen leichte Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T137* Inv. 1970.1207. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz, «Narbe» am Unterende; Oberfläche: innen Flecken (hellbraun), aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T138* Inv. 1970.5198. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS / BS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T139* Inv. 1970.5209L. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 45; Ton: hellgrau, verbrannt (im Bruch beige), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen leichte Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T140* Inv. 1970.5209M. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 48; Ton: graubeige, verbrannt (hellgrau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand einfach verrundet; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T141* Inv. 1970.5209Q. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 48; Ton: hellgrau, verbrannt (grau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen schwache graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T142* Inv. 1970.1198. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braun verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen graubraun, aussen Flecken (grau); Bemerkungen: innen scharfe Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T143* Inv. 1970.1123. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelfboden; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01901; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Befund*: Humus. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: wenig 1. Jh.

T144* Inv. 1970.1201. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen:

innen deutliche Drehritzen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T145* (Abb. 59) Inv. 1970.5197. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüßchen»); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T146* (Abb. 9) Inv. 1970.5204. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüßchen»; s. Detailfoto Abb. 9); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, aussen kleiner Hitzerriss (vom Primärbrand?); Bemerkungen: in deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T147* Inv. 1970.1200. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen grünlich-grau. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

Tafel 5 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)

T148* Inv. 1970.3350. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A02019; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 294,91–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 40 bis ca. 60; Datierungsqualität: wenig Material.

T149* Inv. 1970.5209. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS und BS (anpassend); Ton: rötlich-beige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüßchen»); Oberfläche: innen dunkelgrau, Spritzer, aussen Flecken (grau) und dünne Lehm / Schlackespritzer; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T150* Inv. 1970.5200. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS/WS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T151* Inv. 1970.5208. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T152* (Abb. 59) Inv. 1970.971. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: braun, im Bruch dunkelgrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen Flecken (braun). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01912; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Befund*: Schutt, Ziegel, Steine. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: 1 Fragment evtl. 1. H. 4. Jh.

T153* Inv. 1970.5207. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz, aussen verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T154* Inv. 1970.5209I. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und BS, Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 75; H. aussen ca. 80; Dm. 45; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T155* Inv. 1970.5209A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 45; Ton: braun bis schwarz verbrannt, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Brandflecken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T156* Inv. 1970.5209K. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: graubeige, verbrannt (im Bruch teilweise grau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T157* Inv. 1970.5195. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS/WS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen mit grauen Flecken; Bemerkungen: innen deutliche Drehritzen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T158* Inv. 1970.5196. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Bo-

den eiförmig-spitz, aussen verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T159* Inv. 1970.5209N. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 45; Ton: graubeige, verbrannt (grau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T160* Inv. 1970.1210. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, grössere Wandpartie; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»); Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (grau); Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T161* (Abb. 9) Inv. 1970.5205. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beigegrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»; s. Detailfoto Abb. 9); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche feine Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T162* Inv. 1970.1203. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen Flecken (rötlichbraun); Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T163* Inv. 1970.1208. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, anpassend: WS Inv. 1970.1206; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»); Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T164* Inv. 1970.5209D. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 50; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen schwarze Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T165* Inv. 1970.5209P. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 53; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen schwache Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer:

1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T166* Inv. 1970.5194. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: beigegrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche feine Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T167* Inv. 1970.5201. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beigegrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz, aussen verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche feine Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T168* Inv. 1970.5206. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beigegrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche feine Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 63 ff. Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, 219 Abb. 3,8. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T169* Inv. 1970.970. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: graubeige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01912; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Befund*: Schutt, Ziegel, Steine. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: 1 Fragment evtl. 1. H. 4. Jh.

T170* Inv. 1970.5209B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 52; Ton: hellgrau, verbrannt (grau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T171* Inv. 1970.5209E. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: hellgrau, verbrannt (grau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK/UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

Tafel 6 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)

T172* Inv. 1970.5209O. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 53; Ton: hellgrau, verbrannt (grau), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK

A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T173* (Abb.93) Inv. 1970.549. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen z. T. Glasur (grün), z. T. Spritzer (grau), aussen leichte Flecken und Glasurspritzer. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – Metallsuren: Pb++ (2 Messungen), Ag (2 Messungen), As+ (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01944; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250 sowie ein Sesterz 69–79 n. Chr.

T174* Inv. 1970.5209H. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 65; Ton: hellgrau, verbrannt (grau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen dunkelgraue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T175* Inv. 1970.1211. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS/BS; Ton: graubeige, fein, weich; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen feine Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T176* (Abb.9) Inv. 1970.1209. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: rotbraun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»; s. Detailfoto Abb.9); Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (schwarz). – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T177* Inv. 1970.1034. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS/WS; Ton: braungrau (verfärbt); Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, mit Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort*: FK A01904; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,68–295,22 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 300.

T178* Inv. 1970.1213. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen Flecken (hellgrau). – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T179* Inv. 1970.5209C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 64; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und vor allem aussen graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T180 Inv. 1970.5209R. *Objekt*: 29 WS (Sammelnummer) von verschiedenen Tiegeln; Ton: hellgrau bis beige, oft verbrannt (grau); Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: meist naturbelassen, innen und aussen meist graue Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T181* (Abb.9) Inv. 1970.5193. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: beige-grau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz (unten scheibchenförmiges «Tonfüsschen»; s. Detailfoto Abb.9); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, aber mit grauen Flecken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T182* Inv. 1970.1202. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T183* Inv. 1970.3363. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, mit grauen Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01995; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,23–294,79 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 280.

T184* Inv. 1970.5209G. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, im Bruch grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, aussen schwache Brandflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T185* Inv. 1970.1197. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 72; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen braun verfleckt. – *Angaben zum Fundort*: FK A01902; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,69–295,20 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T186* Inv. 1970.5209F. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: rötlich-hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Rand innen verdickt; Oberfläche: naturbelassen, innen und aussen schwache Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – Fundsituation: OK / UK 295,29–294,99 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 20 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T187 Inv. 1970.646. *Objekt*: Tiegel?. Erhaltung und Masse: Vermutlich kleiner Tiegel; Objekt verschollen resp. nicht auffindbar. – *Angaben zum Fundort*: FK A01959; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

Tafel 7 («Normaltyp» mittelgross)

T188* Inv. 1960.1866. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 76, H. aussen 83, Dm. 40; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen flächig verglast, aussen *Lutum*; Bemerkungen: seitlich unvollständige zweite Schicht, zwischen der die Oberfläche des inneren Tiegels sichtbar ist (s. Detailfoto), schräg am Boden runder Abdruck (vom Absetzen des heissen Tiegels auf eine Unterlage?). Volumen: ca. 95 cm³ (Abb. 21). – *Archäometrische Untersuchung* (Abb. 48; Metallwerke Dornach, vom 16.01.1973): Hauptbestandteil Si; 1–5% Cu, ca. 0,2% Fe; ca. 0,2% Ni; ca. 0,1% As; ca. 0,1% Pb; ca. 0,1% Mg; ca. 0,05% Mn; Spuren von Sn, Bi, Aö, Zn, Cd; *Literatur:* Martin 1978, Abb. 18,2. – *Angaben zum Fundort:* FK V03631; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 230 bis ca. 280.

T189* Inv. 1963.1894c. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: braungrau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (beige bis graugrün), aussen Flecken (rot, glasig), Oberfläche dunkelgrau; Bemerkungen: die «Glasur» ist in einen Riss (heute Bruchkante) eingedrungen. – *Angaben zum Fundort:* FK W02457; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 210; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 10–50.

T190* (Abb. 8; 83; 88; 93) Inv. 1958.4272. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellbeige, fein; Tongruppe 17; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen naturbelassen (ohne Spuren einer Erhitzung); Bemerkungen: innen in Schräglage erstarrter, hellgrau-gefleckter Belag, mit Negativ des Regulus (s. Detailfoto Abb. 83 und 93). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – Metallspuren: Pb+++ (2 Messungen), Ag, As++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – Oberfläche neben Regulus-Negativ (Modus «Alloy»): Blei (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK V01785; Grabungsnummer: 1958.052; Grabungsname: Steinler, Insula 24. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 250 bis ca. 300.

T191* Inv. 1963.10994H. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen unebene Kruste (Spritzer, grau), aussen *Lutum*, dünn, z. T. verglast. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T192* (Abb. 90) Inv. 1962.8455. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: grau, innen hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum* (nach unten abtropfend; s. Detailfoto); Bemerkungen: aussen wenige Werkzeugeindrücke. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Sn+, Pb+, Zn++, Au+ (Tabelle 1). – Tropfen seitlich korrodiert (Modus «Alloy»): keine Metalle (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK X01963; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T193* Inv. 1983.35781. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden und 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Sn, Pb (Tabelle 1).

– *Angaben zum Fundort:* FK C00398; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 30 bis ca. 100; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte; Bemerkung zur Datierung: wenig frühe Keramik.

T194* (Abb. 86; 87; 90; 102) Inv. 1960.5199. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 70, H. aussen 97, Dm. 40; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet (?), Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer (metallisch?), aussen *Lutum* bis an den Rand. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ , Sn++, Pb+, Zn+++ , Au+, Hg, As (Tabelle 1). – Tropfen am Rand (Bohrspäne; Modus «Alloy»): Zinn-Bleibronze: 82% Cu, 11% Pb, 6% Sn (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK V03976; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T195* Inv. 1962.10544. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 76, H. aussen 87, Dm. 40; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen grünliche Schlackentropfen, aussen *Lutum*, zum Rand hin ausdünnend, obere Schicht aussen am Boden kranzförmig verdickt; Bemerkungen: auf der Unterseite mehrere Eindrücke (u. a. eine Zangenspitze, s. Detailfoto). Berechnetes Volumen: ca. 62 cm³ (Abb. 21). – *Angaben zum Fundort:* FK X02203; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Oberflächenschutt wie bisher bis 1. Kulturschicht (kleine Störung). – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260.

T196 Inv. 2003.051.E07513.8. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und 2 WS, Dm. 40; Ton: beige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?). – *Angaben zum Fundort:* FK E07513; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund:* Nachreinigung Profil 24 zwischen Mauer MR 26 und MR 27. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T197* Inv. A1962. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: fast ganz (Profil rekonstruierbar); H. innen 72; H. aussen 88; Dm. 41; Ton: dunkelgrau verfärbt; fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Rand einfach verrundet; Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer (s. Detailfoto); aussen *Lutum*, gegen den Rand auslaufend; Bemerkungen: ein RS abgebrochen, aber in der äusseren (in der Hitze weichen) Schicht in schräg nach innen gekippter Lage festgehalten (s. Detailfoto). – Aufgeklebtes Etikett «Augst 1942»; die alte A-Nummer gehört zu keiner der alten A-Serien, weder jener des Kantonsmuseums Liestal noch jener des A. von Salis-Katalogs des Historischen Museums Basel. – *Angaben zum Fundort:* FK ohne; Grabungsnummer: ohne; Grabungsname: Insula / Region: Streufund «Augst» 1942. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T198 Inv. 1984.8755. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. 40; Ton: beige, sandig, aussen unter dem Rand Rattermarken; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen tropfenförmiger Schlackenbelag (grünlich bis hellbeige), aussen naturbelassen, Flecken (weisslich, tongrundig). – *Angaben zum Fundort:* FK C00680; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Heizung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T199 Inv. 1939.2165. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 40; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, aussen am Rand naturbelassen; Bemerkungen: gebrannt, aber ungebraucht? – *Angaben zum Fundort:* FK V00404; Grabungsnummer: 1939.051; Grabungsname: Insula 24. – *Befund:* bis 1 m Tiefe.

Raum 11. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 190 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: frühe Ausreisser.

T200 Inv. 1967.10305A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 40; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkle Engobe, darauf Bronzespritzer, aussen Flecken (braun, rötlich, anthrazit). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Z01676; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5 (möglicherweise auch Insula 31, Grabung 1962.054, FK X01981). – *Befund*: nur Kanalisationsgraben. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: wahrsch. erst 3. Viertel 2. Jh.

T201 Inv. 1964.3989. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 40; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen Flecken (braun) und Spritzer (z.T. grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01550; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

Tafel 8 («Normaltyp» mittelgross)

T202* (Abb. 8; 87) Inv. 1984.805A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, 2 BS, 11 WS, Höhe ca. 70, Dm. 44; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen dicke amorphe Bronze-kruste an fast allen Fragmenten vom Boden bis zum Rand (s. Detailfoto), aussen *Lutum*; Bemerkungen: der Tiegel ist in der Hitze völlig deformiert (s. Detailfoto) und dann in viele kleine Fragmente zersprungen; die Bronzecharge ist beim Unglück erstarrt und überall verteilt worden; Gesamtgewicht: 169 g (ein ganzer leerer Tiegel dieser Grösse ohne Bronzecharge würde 50–100 g wiegen). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+++ (2 Messungen), Sn++ (2 Messungen), Hg (Tabelle 1). – Zwei grüne Bröckchen (Bohrproben korrodiert): Cu++, Sn+, Pb, Zn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK C00510; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T203* (Abb. 92) Inv. 1963.10359. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen *Lutum*, anscheinend in mehreren Lagen (bis 21 mm dick; s. Detailfoto), grosse Teile abgeplatzt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+, Sn, Pb, Zn++, Au+, Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01166; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 190 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 50 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: uneinheitlich.

T204* Inv. 1978.24288. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS, 4 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen grau-grünlich, innen am Boden körnige Bronzereste, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T205* Inv. 1978.24220 (RS) und 24229 (BS). *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und Tiegelboden, Dm. 50; Ton: dunkelgrau, feine Quarzmagerung, Bruchkanten versintert; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, bauchiger Umriss, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden anthrazit, innen

Bronzespritzer (grün) und dünne Schlackenflecken (anthrazit), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T206* Inv. 1991.051.C08319.255. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 50; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen Flecken (dunkelgrau); *Literatur*: Schwarz 2002, 252 Abb. 123,4. – *Angaben zum Fundort*: FK C08319; Grabungsnummer: 1991.051; Grabungsname: Kastelen; Insulae 1/2. – *Befund*: dunkelbraunes bis schwärzliches, humoses Material; sehr viele Funde. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 250 bis ca. 350; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser, Befunddatierung 2. Viertel 4. Jh. (Befestigungszeit Horizont V).

T207* (Abb. 28) Inv. 1978.8848. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 RS, Dm. 52; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrün-grauer dünner Belag, stellenweise abgesplittert, aussen *Lutum*, am Rand horizontal abgestrichen (Abb. 28); Bemerkungen: die *Lutum*-Oberfläche ist sauber abgearbeitet und zeigt keine Bruchstruktur eines «angeklebten» Deckels oder dergleichen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu++, Sn, Zn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T208* Inv. 1963.1894B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 58; Ton: beige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, wenige graue Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK W02457; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 210; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 10–50.

T209* Inv. 1981.19205. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 52; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (anthrazit), aussen Flecken (rötlich und schwarz). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+++ , Sn+, Pb, Zn, Au (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B07652; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250.

T210* Inv. 1978.17266. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, 1 WS, 1 BS, Profil rekonstruierbar, H. ca. 80, Dm. 52 mm; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (gelblich, braun und grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T211* Inv. 1979.12233. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 76, H. aussen 95, Dm. 48; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen an der Wandung grüne Flecken und Bronzetröpfchen, rostbrauner Fleck am Boden, aussen *Lutum*, am Rand abgeplatzt; Bemerkungen: unten seitlich einige Werkzeugabdrücke. Berechnetes Volumen: ca. 140 cm³ (Abb. 21). – *Angaben zum Fundort*: FK B03961; Grabungsnummer: 1979.003; Grabungsname: Überbauung, Auf der Wacht II; Region 17C. – *Fundsituation*: OK / UK 272,98–272,35 m ü. M. – *Befund*: Grube. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T212 Inv. 1983.29094. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 48; Ton: graubraun verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (beige, rötlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00226; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T213 Inv. 2010.053.F09854.12. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 48; Ton: graubraun verbrannt, weich und absandend, mit viel Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet bzw. spitz auslaufend; Innenform ist zylindrisch-gerade. – *Angaben zum Fundort:* FK F09854; Grabungsnummer: 2010.053; Grabungsname: Hausmatt; Region 10C. – *Befund:* olivfarbiger, sandreicher Kies mit wenigen faustgrossen Kieselsteinen durchsetzt. Im Ostteil der Traufgasse zwischen MR 10 und MR 11. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T214* Inv. 1984.3554. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: braungrau (verbrannt), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden Lehmflecken und Bronzetropfen (innen schlecht ausgedreht, daher Vertiefungen), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Bronzetropfen Nähe Tiegelboden (Bohrspäne): Zinn-Bleibronze: 89% Cu, 6% Sn, 5% Pb (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK C00528; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 220 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T215* Inv. 1998.004.D07417.57. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: beige-grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrauer, verglaster Belag, Spritzer; aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK D07417; Grabungsnummer: 1998.004; Grabungsname: Löwenareal 3. Etappe; Region 20Y. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.

T216* Inv. 1978.7551. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 74, H. aussen 89, Dm. 50; Ton: grau; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Rand Lehmreste der äusseren *Lutum*-Schicht, innen grau, innen am Boden Spritzer, aussen *Lutum* (intakt, ohne Risse, bis an den Rand). – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T217* Inv. 1963.14193. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, WS, BS, Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 80, H. aussen ca. 93, Dm. 50; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, Bronzetöpfchen, aussen *Lutum* (8mm trichterförmig über den Rand modelliert). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00926; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 295,58–295,47 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T218 Inv. 1978.24284. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 50; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen schwarze bis grünliche Belagsflecken, aussen schwach verglast (?), mit Flecken. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T219 Inv. 1960.2066G. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1 Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T220 Inv. 1963.7791. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen fleckig, im unteren Teil glasurartiger Belag (braun), aussen *Lutum* (hellgrau). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01053; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 190.

T221 Inv. 1971.10742. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen weisslicher Schlackenbelag mit Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A03338; Grabungsnummer: 1971.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 51. – *Befund:* Schicht 1b nach Profil 33. Heller, grau-ockerfarbener Lehm mit Sand, wenig Mörtel, Kies, Ziegel, Kalksteine. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 190.

T222 Inv. 1978.17578. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrau, Flecken (rot) und Bronzespritzer, aussen weisser Belag mit rötlich und grün verglasten Glasurspritzern. – *Angaben zum Fundort:* FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

T223 Inv. 1978.20895. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 50; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wand Flecken (braun) und dicke grüne und braune Kruste, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01771; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 190 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 190; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T224 Inv. 1978.8846. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 50; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

Tafel 9 («Normaltyp» mittelgross)

T225* (Abb. 59; 83) Inv. 1984.10803. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 52; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, aber sehr schlank (Wanddurchmesser 58 mm), Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wand dünne Glasurflecken (gelbgrünlich), aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche feine Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1. – Metallsuren: Pb, Ag, As (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1; 6-2-1 und 6-3; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 2, 15. – *Angaben zum Fundort:* FK C00825; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T226* (Abb. 6 [2×]; 88; 89; 93) Inv. 1906.3217. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (hell- und dunkelgrün (Abb. 93), aussen kohlige schwarze Flecken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – Metallsuren: Cu++ (2 Messungen), Pb+++ (4 Messungen), Ag+ (4 Messungen), As++ (4 Messungen) (Tabelle 1). – Grüne und graue Flecken (Modus «Alloy»): Blei (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK V07774; Grabungsnummer: 1906.059; Grabungsname: Theater; Region 2A (Theater). – *Befund:* gefunden im Theater 1903 und 1906. Funde im Jahr 1906 inventarisiert. Vgl. Eingangsbuch Historisches Museum Basel 1906. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T227* (Abb. 8; 102) Inv. 1978.97051. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: hellgrau, bräunlich verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen am Boden dunkelgrauer Überzug, aussen *Lutum*, voluminös (s. Detailfoto; bis 33 mm dick); Bemerkungen: im Bodenbereich ist ein grünlich-grauer, poröser Metall-Regulus erstarrt (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+, Sn, Zn+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – Fundsituation: OK/UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T228* (Abb. 88; 93) Inv. 1964.3911. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelfboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), schlackiger Bodensatz (wenig Restschlacke? Abb. 93), aussen *Lutum* (hell, beige-grün gefleckt, dünn), mit anhaftendem dunklem Schlackenbrocken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu, Sn, Pb+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01648; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T229* (Abb. 10; 87; 90) Inv. 1963.6779. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 1 BS und 2 WS, Profil rekonstruierbar, H. innen 86, H. aussen 97, Dm. 56; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen zahlreiche Spritzer, Wandung unten grau, oben gelblich, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten geriefter Abstrich (von Feile oder Holzkohle? s. Detailfoto) und einige Eindrücke in der verschlackten Schicht. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Sn++, Pb+, Zn+, Au+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00800; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material.

T230* (Abb. 59; 102) Inv. 1978.24280. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 52; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen am Rand anthrazit, innen an der Wandung mit dickem Belag (sandiges Gemisch, mit viel Bronzetropfen), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – Metallsuren: Cu+, Sn+, Zn+++ (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 59 ff. Abb. 6-2 Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3, 13. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T231* Inv. 1963.1576. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer und Metalltröpfchen, oben gelbliche Verglasung (s. Detailfoto), aussen an der Wandung *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – Metallsuren: Cu+++ (3 Messungen), Sn+, Pb (2 Messungen), Zn+++ (3 Messungen), Au, Hg (2 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1 und 6-2-1;

106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3, 2. – *Angaben zum Fundort:* FK X02519; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* verschmutzter grauer Lehm. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 50; Bemerkung zur Datierung: 1 WS früher.

T232* Inv. 1963.1894a. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 62; Ton: hellbeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (grün-gefleckt), aussen naturbelassen mit über den Rand gelaufenem dünnem glasigem Fleck (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu, Sn+ (Tabelle 1). – Dunkelgraue Oberfläche, Bodensatz (Modus «Alloy»): Pb++, Cu+, Ag (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK W02457; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 210; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 10–50.

T233 Inv. 1963.6779A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 55; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00800; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material.

T234 Inv. 1962.10291. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen nicht erhalten, aussen Schlackenspur blasig aufgequollen. – *Angaben zum Fundort:* FK X01991; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T235 Inv. 1964.8634. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (beige, rot), aussen *Lutum* (1–2 mm dünn). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01692; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31). – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 250.

T236 Inv. 1965.703. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, auf dem Rand innen und aussen verschlackte beige-braune Gebrauchsrückstände. – *Angaben zum Fundort:* FK X05058; Grabungsnummer: 1965.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – Fundsituation: OK/UK 295,55–295,28 m ü. M. – *Befund:* brandiger Lehm, darunter dünner brauner Lehm, darunter schuttiges Füllmaterial. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T237 Inv. 2003.051.E07451.15. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?). – *Angaben zum Fundort:* FK E07451; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund:* Aushub bei Wasserschieber ca. Laufmeter 110 (Parzelle 1001). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T238 Inv. 1968.8596. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 55; Ton: graubeige, fein (verbrannt); Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A00093; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 43. – *Befund:* sandig, schwarz, Brandspuren, Ziegel. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100.

T239 Inv. 1978.11624. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T240 Inv. 1960.6978. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 60; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen weisser Belag mit Flecken, aussen *Lutum* (weisslich). – *Angaben zum Fundort:* FK V04221; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T241 Inv. 1964.525. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 60; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK X03090; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Profil 60, Schicht 3 oberer Teil: dunkelbraun verschmutzt, schuttig. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T242 Inv. 1972.5228. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 60; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grauer bis rötlichgrauer Schleier, Schlackenspritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A03751; Grabungsnummer: 1972.053; Grabungsname: Rauschentalstrasse Palazzo; Insula 48. – *Befund:* Humus, Sand, Schutt vermischt, Kalkstein, Ziegel. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210.

T243 Inv. 1978.24283. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 60; Ton: hellgrau, verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen schwarze und rötlich-lehmige Auflagen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T244 Inv. 1984.4632. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 60; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen Spritzer (hellgrün, z. T. über den Rand laufend), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00543; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T245 Inv. 2011.001.F09386.56. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 60; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Flecken (dunkelgrau); aussen Flecken (hellgrau). – *Angaben zum Fundort:* FK F09386; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation:* OK / UK 272,70–271,52 m ü. M. – *Befund:* Fein- und Mittelschutt in braun-beigem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 80 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T246* (Abb. 87; 90) Inv. 1963.6853. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau mit Spritzer (z. T. grün), aussen verglast und verkrustet (keine blasige Schlacke). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu++, Sn++ (3 Messungen), Pb++ (2 Messungen), Zn (2 Messungen), Au+ (2 Messungen), As+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00739; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T247* (Abb. 87; 102) Inv. 1969.13094. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen verglast (dunkelgrau, auch in alten Riss eingedrungen; s. Detailfoto), Spritzer, aussen naturbelassen mit Brandflecken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – Metallsuren: Cu+, Sn++, Pb, Zn++, Au, Hg (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort:* FK A01646; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:* Humus mit Steinen; Humus mit Ziegeln und Steinen vermischt; S- und E-Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T248* Inv. 1978.16572. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS, 2 WS (RS?), H. innen noch 37; H. aussen noch 58; Dm. 64 (am abgearbeiteten Rand); Ton: braungrau verbrannt (im Bruch braun), weich; Tongruppe 3?; Form: ursprünglich «Normaltyp» mittelgross, offenbar mit ringsum weggebrochenem Rand (heute verrundet; s. Detailfoto) weiterverwendet, Boden rund; Oberfläche: innen im oberen Wandbereich erstarrter Bronzerest (über den Rand verlaufend), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 3. – Metallsuren: Cu+++, Sn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B02206; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Befund:* Porticus West. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 100.

Tafel 10 («Normaltyp» mittelgross)

T249* Inv. 1968.9035. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 RS, 2WS, Dm. ca. 64; Ton: dunkelgrau, fein, viele Quarzkörner; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand stellenweise verrundet, teils abgeflacht; Oberfläche: innen Spritzer (z. T. grün), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+++, Sn+, Pb, Zn++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A00095; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 43. – *Befund:* sandig, schwarzbraun, Schutt, Ziegel. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T250* (Abb. 68) Inv. 2011.001.G01133.135. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 65; Ton: beige, sandig, mit feinsten dunklen Magerungskörnchen; Tongruppe 3; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen; aussen an der Wandung Flecken (brauner Lehm). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 3 (Tabelle 1, 2 Messungen). – *Angaben zum Fundort:* FK G01133; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation:* OK / UK 272,54–271,92 m ü. M. – *Befund:* dunkelbrauner, siltiger Lehm, grobschuttig. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 170; Datierungsqualität: wenig Material.

T251 (Abb. 13,G) Inv. 1956.958. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 102, H. aussen ca. 113, Dm. ca. 65; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet, Boden rund; Oberfläche: aussen *Lutum* (bis über den Rand); Bemerkungen: aussen mehrere Eindrücke (Holz?, kleines Kanteisen [Abb. 13,G]). – *Angaben zum Fundort:* FK V01255; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliger; Insula 25. – *Befund:* aus der Baugrube entlang der Mauer. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T252 Inv. 1982.9917. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. 65; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (beige, braun, grau), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07920; Grabungsnummer:

mer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Befund*: Pozzo. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.

T253 Inv. 1981.17420. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 65; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wandung Flecken (schwarz), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.

T254* (Abb. 9; 83; 88–90; 93) Inv. 1960.7443. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen stumpfglänzender, dunkelgrauer Belag (Abb. 93; Bleiglätte?), aussen naturbelassen, etwas fleckig; Bemerkungen: aussen auf der Unterseite stehengelassener, mitgebrannter Lehmputzen (unvollständiges Abdrehen der Unterseite?; s. Detailfoto Abb. 9). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – Metallsuren: Pb+++, Ag++, Au+, As++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK V04291; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 100; Datierungsqualität: Sehr wenig Material.

T255* Inv. 1963.6255. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelgrau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen an der Wandung schwarzer Belag, schwarzer Bodensatz (Bronze?), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00882; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T256* Inv. 1975.4018A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen glasartiger Belag (dunkelviolet), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A06160; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: vage.

T257* Inv. 1978.24247. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 2 WS, Dm. ca. 64; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmüberzug, innen an der Wandung dünner Belag (dunkelgrau und grünlich), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T258* (Abb. 66) Inv. 1978.22742. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, 2 WS, Tiegelboden, Profil rekonstruierbar, H. innen 86, H. aussen 104, Dm. 64; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen grau, feine Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht mehrere Werkzeug- und Holzkohle(?)eindrücke. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: Tongruppe 2. – Metallsuren: Cu (Tabelle 1). – Grüner Bodensatz: Cu+, Pb+, Zn, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK B01781; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 125 bis ca. 175; Bemerkung zur Datierung: vage.

T259* (Abb. 8; 83; 89) Inv. 1972.6134. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wandung glasurartiger Belag (hellgrün-durchscheinend), eine Gerade bildend, die vom Erstarren des Regulus(?) zeugt (s. Detailfoto Abb. 83); aussen naturbelassen, Flecken (dunkelgrau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Pb+ (2 Messungen), As+ (2 Messungen), Ag (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Z02311; Grabungsnummer: 1972.053; Grabungsname: Rauschen-talstrasse Palazzo; Insula 41 («Palazzo»). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250.

T260* (Abb. 69; 82; 124) Inv. 1963.634. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, mit rel. grossen Quarzkörnern; Tongruppe 4; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen grau, aussen dunkelgraue Reste einer verschlackten *Lutum*-Schicht. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 4 (Tabelle 1), siehe Nachbrände Abb. 124. – *Angaben zum Fundort*: FK W02460; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 1 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 140 bis ca. 200; Datierungsqualität: Grosser FK.

T261* (Abb. 28) Inv. 1982.23550. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und Tiegelboden (1982.23550A), nicht anpassend (Profil rekonstruierbar), Dm. 68 mm; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen blasiger Überzug (grau-beige) und Bronzespritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: die äussere *Lutum*-Schicht verläuft weit über den Rand hinaus und bildet eine Art Trichter (s. Detailfoto Abb. 28); die *Lutum*-Oberfläche ist sauber abgearbeitet und zeigt keine Bruchstruktur eines «angeklebten» Deckels oder dergleichen. Am Boden «hängt» 50 mm tief ein grosser *Lutum*-Tropfen (s. Detailfoto); *Literatur*: Straumann 2010, Abb. 113, vorne und rechts. – *Angaben zum Fundort*: FK B08335; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Befund*: Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 40 bis ca. 60; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.

T262* (Abb. 59) Inv. 1978.24279. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 5 RS, 5 WS und 1 BS, Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 110, H. aussen ca. 118, Dm. 53; Ton: hellgrau, weich verbrannt; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen grünlicher Belag, Bronzespritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht 40 mm lange und 4 mm breite, geradlinige Kerbe (Eindruck). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu++ (2 Messungen), Sn+ (2 Messungen), Zn+ (2 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 63 ff. Tab. 6-1; 6-2-1 und 6-3; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3, 12. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T263 Inv. 1954.53. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm 54; Ton: grau-beige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK V05958; Grabungsnummer: 1954.052; Grabungsname: Kanalisation Langgasse-Schufenholzweg (Leitungsgrabung); Insula 5/9 (Museum). – *Befund*: –1,40 bis –1,70 m, unter Theater, aus Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T264* Inv. 1978.24214. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS (nur *Lutum*-Schicht!), Dm innen ca. 60; Ton: abgeplattete *Lutum*-Masse (oben etwas über den Tiegelfrand gestrichen); Tiegelform: von ei-

nem mittelgrossen Tiegel mit Randdurch. von ca. 60 mm; Oberfläche: oben einziehender Lehmwulst (vom Aufkitten auf dem Tiegelrand); das *Lutum* ist aussen beige und glatt, innen glatter Abdruck der Tiegelaussenwand, im Bruch schwarz und sehr porös. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

Tafel 11 («Normaltyp» mittelgross)

T265* Inv. 1984.805B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. ca. 72; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand grüner Fleck, innen an der Wandung Flecken (beige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00510; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T266 Inv. 1982.6344. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 73; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen naturbelassen, Flecken (beige). – *Angaben zum Fundort*: FK B07808; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 50 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 100 bis ca. 300; Datierungsqualität: (vereinzelte) späte Ausreisser.

T267* Inv. 1963.839. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein (beige verbrannt); Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dunkel gefleckt und Spritzer (z. T. grün), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++, Sn+, Au (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X02278; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: gelblich-braune Lehmschicht. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 60 bis ca. 120; Datierungsqualität: wenig Material.

T268* Inv. 2011.001.F09341.690. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS (in Bodennähe); Ton: grau, mit vielen weissen Magerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmigspitz; Oberfläche: innen an der Wandung naturbelassen, innen am Boden dunkler Belag, darauf verkrusteter unebener Belag (grünlich bis grau); aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen zwei tiefe Werkzeugeinstiche im *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu, Sn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK F09341; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation*: OK / UK 272,73–271,79 m ü. M. – *Befund*: Schutt in braunem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 100 bis ca. 150; weite Datierung von ca. 170 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelte) späte Ausreisser.

T269* (Abb. 66) Inv. 2011.001.F09341.2. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: untere Tiegelhälfte, Wanddurchmesser ca. 80; Ton: hellgrau, mit vielen weissen Magerungskörnern; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen verkrustet (erhaltenes Bodensediment und Holzkohlesplitter wurden separat beprobt); aussen *Lutum*, unten besonders dick; Bemerkungen: unten dreieckiger Holzkohleabdruck im *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: Tongruppe 2. – Metallspuren: Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK F09341; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation*: OK / UK 272,73–271,79 m ü. M. – *Befund*: Schutt in braunem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 100 bis ca. 150; weite Datierung von ca. 170 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelte) späte Ausreisser.

T270* Inv. 1960.7115. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung braune Schmutzschicht (1–2-mm-Belag), aussen *Lutum* bis zum Rand; Bemerkungen: *Archäometrische Untersuchung* (Abb. 48; Metallwerke Dornach, Bez. «Muster 31 WS Tiegel S 3 (7115 RS)», vom 29.09.1960): Analyse «Silikatprobe»: 67,87% SiO₂; 11,43% Fe₂O₃; 8,52% Al₂O₃; 3,80% CaO; 1,70% MgO; 6,14% Alkalien (Na₂O und K₂O); 0,54% Glühverlust; Spur von CuO. – *Angaben zum Fundort*: FK V04242; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Schicht 2 nach Profil A-B. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T271* Inv. 1969.6587. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: braun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmigspitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, mit wenigen grauen Benutzungsflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK A00822; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Fundsituation*: OK / UK 297,40–295,20 m ü. M. – *Befund*: Weitertreiben der Sondierung, Rest eines Kiesbodens. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 110.

T272* Inv. 1963.1894. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS untere Tiegelhälfte; Ton: braun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung dunkelbrauner Belag 1–3 mm dick, Oberfläche hellbraun, aussen an der Wandung glasurenter Belag (braunbeige). – *Angaben zum Fundort*: FK W02457; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 210; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 10–50.

T273* Inv. 1978.24216. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 2 WS, Dm. ca. 74; Ton: hellgrau, sandig, stark, aber fein gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrau, innen an der Wandung grössere Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T274* Inv. 1963.9221. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS; Ton: braungrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen dünner schlackiger Überzug (grünlichgrau, glatt, ohne Schmelzgutreste), aussen naturbelassen (grau). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00951; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 260 bis ca. 300; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: u. a. TS-Glaskchliff, fast alles verbrannt.

T275* Inv. 1963.11793. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: untere Tiegelhälfte, Boden eiförmigspitz; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: ganzer Innenraum angefüllt mit blasig erstarrter Gusspeise (s. Detailfoto), wenige kleine Holzkohlesplitter, Rostfleck, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++, Zn+, Au (Tabelle 1). – Grüner Bodensatz: Cu+, Zn+, Pb+, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01266; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T276* Inv. 1966.15923. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer und Bronzespritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: mehrere undefinierbare Abdrücke im *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++, Zn+ (Tabelle 1).

– Bronzetropfen (Bohrspäne): Zinn-Bleimessing: 80% Cu, 13% Zn, 2% Pb, 2% Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK X05980; Grabungsnummer: 1966.001; Grabungsname: Neubau Gessler, Äussere Reben; Region 16C. – *Befund*: Humus mit Steinen und Ziegelbruchstücken. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 330; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T277* Inv. 1978.24219. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, BS, Dm. 70; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Schlackenreste, innen an der Wandung Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T278* (Abb. 49) Inv. 1963.9882. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer (z. T. grün), aussen *Lutum*, aussen am Rand Bronzetropfchen (s. Detailfoto), diti auch innen (Computertomographie Abb. 49). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+ (Tabelle 1). – Grüne Innenwand: Cu+, Sn, Zn, Pb (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01097; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,78–295,50 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 200 bis ca. 300; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: und Gebeine 1963.14174.

T279 Inv. 1963.6498. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS obere Tiegelhälfte, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung naturbelassen mit grauem Fleck, aussen an der Wandung grauer Belag, darunter 1 mm dünne hellgraue Verschlackung. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00842; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,41–295,12 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T280* Inv. 1963.4835. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand dunkelgrau, innen an der Wandung sandig-feiner Belag, aussen am Rand dunkelgraue Flecken, aussen an der Wandung *Lutum*; Bemerkungen: im *Lutum* tiefe, scharfkantige Werkzeug- oder Holzabdrücke (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00874; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 90 bis ca. 150; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T281 Inv. 1960.5017b. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen wenige Spritzer, aussen glasige Schlackenflecken (beige bis dunkelrot). – *Angaben zum Fundort*: FK V03969; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T282 (Abb. 13J.M) Inv. 1960.9447. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung graurot, aussen an der Wandung *Lutum* (hell, mit roten Flecken); Bemerkungen: aussen zwei verschiedene Abdrücke von Werkzeugen (z. B. Abb. 13J. M); *Literatur*: Steiger u. a. 1977, 59 (erwähnt unter Inv. 1960.9448, zusammen mit T596). – *Angaben zum Fundort*: FK V04453; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 40 bis ca. 110; Bemerkung zur Datierung: zusammen mit V04448.

T283 Inv. 1985.9548. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (gründurchscheinend), aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK C01514; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T284 Inv. 1978.24217. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 70; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T285* (Abb. 10) Inv. 1978.24251. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS, 1 WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (rötlich-grau und grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

Tafel 12 («Normaltyp» mittelgross)

T286* Inv. 1963.7610. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz (extreme Spitzenbildung); Oberfläche: innen an der Wandung beige-oxidierend verfärbt, aussen Spritzer; Bemerkungen: zuunterst im Boden kleines grünes Bronzetropfchen. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00956; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,54–295,10 m ü. M. – *Befund*: Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T287* Inv. 1963.11568. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 80; Ton: hellgrau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand übergelaufene schwarze Schlacke (s. Detailfoto), darunter grau, aussen an der Wandung *Lutum* (dunkelgrau). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01226; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,66–295,47 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 200.

T288* Inv. 1963.261a. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 120; Ton: beige, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen beige naturbelassen, aussen am Rand partielle dünne Schicht (dunkelgrau, verglast; s. Detailfoto); Bemerkungen: mit feiner Rille unter dem Randwulst (evtl. von derselben Töpferei wie T817). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Xiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T289* (Abb. 8; 59) Inv. 1979.18596. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. ca. 100; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand lehmiger Belag (braun), innen an der Wandung dicker Bronzebelag (Füllung ca. 2/3 des Tiegels; s. Detailfoto), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1. – Metallspuren: Zn+++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – Zwei Bronzetropfen (Bohrproben): Zinnmessing: Tropfen 1: 84% Cu, 11% Zn, 2% Sn; Tropfen 2: 83% Cu, 11% Zn, 3% Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2); *Literatur*: König 2014, 59 Abb. 6-2

Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3,14. – *Angaben zum Fundort*: FK B03172; Grabungsnummer: 1979.054; Grabungsname: Falk; Insula 29. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210.

T290* Inv. 1960.6294. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, innen an der Wandung Flecken (grau), aussen *Lutum* (Reste); Bemerkungen: unter der oben abgelösten *Lutum*-Schicht Ton dunkelgrau (reduzierender Zweitbrand; s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK V04144; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 296,20–295,80 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T291* Inv. 1968.5294. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen verglast (dunkelgrün mit weisslichen Flecken), auch über eine alte Bruchfläche (s. Detailfoto); Bemerkungen: ein Fragment des Tiegels muss sekundär dem Feuer ausgesetzt gewesen sein. – *Angaben zum Fundort*: FK X07956; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2 / A3; Insula 43. – *Fundsituation*: OK / UK 297,15–297,05 m ü. M. – *Befund*: Schutt, Humus, Ziegel, Steine (Porticus und Raum). – *Fundkomplexdatierung*: gemischt, 1. und 3. Jh.

T292* Inv. 1978.22766C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen stellenweise weisslich-gesprenkelter Belag, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen in vier Fragmente gerissen (s. Detailfoto), aber aussen durch das *Lutum* zusammengehalten (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK B01781; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 125 bis ca. 175; Bemerkung zur Datierung: vage.

T293* Inv. 1976.7681. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit feinen Quarzkörnern; Tongruppe 3?; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen graubrauner dünner Tonbelag mit feinen ausgebrannten Häckselnegativen (?; s. Detailfoto), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik oder *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 3 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A05802; Grabungsnummer: 1976.002; Grabungsname: Friedhof Kaiseraugst, Neubau Abdankungshalle; Region 18A. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 350; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: vage.

T294* Inv. 1956.268. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung dünn verschlackt mit aufgeplatzten, innen glänzenden Bläschen (s. Detailfoto), aussen an der Wandung *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK V01237; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliger; Insula 25. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T295* (Abb. 8; 102) Inv. 1978.24252. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, 2 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag (stellenweise abgeplatzt), Spritzer, innen am Boden Rest eines Regulus (rostbraun bis schwarz; s. Detailfoto und Abb. 8). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Cu+++ , Sn+, Pb+, Zn+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T296* (Abb. 8; 92; 102) Inv. 1980.3442. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 BS; Ton: graubraun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen grüngrauer dünner Belag, darauf stellenweise Bronzespritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: von der Innenwand hat sich ein grosses Stück der verschlackten grünen Bronzemasse gelöst (15 g). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF, s. auch Abb. 85): Metallsuren: Cu++ (2 Messungen), Pb, Zn+++ (2 Messungen), Hg+ (Tabelle 1). – Bohrprobe aus Bronzemasse, korrodiert: Zn++, Cu+, Pb+, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK B05989; Grabungsnummer: 1980.053; Grabungsname: F. T. S.-Projekt Castelen; Insula 6. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 70 bis ca. 110; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250; Datierungsqualität: (vereinzelte) späte Ausreisser.

T297* Inv. 1968.13803. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (s. Detailfoto), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A01160; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Region 7E. – *Befund*: Lehm, Holzkohle und Ziegel- und Keramikfragmente. In B4 starke Schuttschicht: Kiesel, Steine; beim Ofen II in B3 / B4 Abheben einer etwa 15 cm hohen Schicht, um die Schürflöcher der Öfen I und II anzutasten[?]. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T298* Inv. 1963.1061. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz, mit besonders deutlichen Drehrillen (s. Detailfoto); Oberfläche: innen an der Wandung und aussen grau naturbelassen (ungebraucht?). – *Angaben zum Fundort*: FK X02281; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: Schutt (Oberflächenschutt). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: wenig Material.

T299* Inv. 1962.11039. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: untere Tiegelhälfte; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen braungraue Schmutzschicht (absichtlicher Belag?; s. Detailfoto), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten mehrere Werkzeugeindrücke (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK X02211; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Oberflächenschutt (unter gestürzter Mauer). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 230 bis ca. 280; Bemerkung zur Datierung: und Gebeine 1962.14498.

T300* (Abb. 9) Inv. 1969.10069. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, Dm. 26; Ton: hellbeige, sandig verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden aussen abgeflacht (innen rund); Oberfläche: innen gelblicher Rückstand, aussen naturbelassen mit grauen Flecken; Bemerkungen: am Boden auf einer Fläche von 26 mm Dm. Spur der Drahtschlinge von der Abnahme ab der Töpferscheibe (s. Detailfoto Abb. 9). – *Angaben zum Fundort*: FK A00307; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund*: Schutt, Steine, Ziegel mit Mörtel und Humus vermischt (Insula 50, Portikus). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T301* Inv. 1962.10730. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (dunkelgrau), innen an der Wandung Spritzer, aussen flächig verglast (unten abgeplatzt; s. Detailfoto); Bemerkungen: innen auf der Bodenschlacke Bronzetröpfchen und Abdruck eines Werkzeugs (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK X01998; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Oberflächenschutt, sehr humos. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: und Gebeine 1962.14497.

T302* Inv. 1939.1542. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen an der Wandung glaserartiger Belag (dunkelgrün), innen am Boden wenige Spritzer, aussen am Boden *Lutum*; Bemerkungen: auf der Bodenunterseite mehrere Werkzeug- oder Holzkohleabdrücke (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK V00371; Grabungsnummer: 1939.051; Grabungsname: Steinler Insula 24. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T303 Inv. 1978.15563. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B00457; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 3. Jh.

T304 Inv. 1978.24286. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dünner Belag (anthrazit) und Flecken (grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T305 Inv. 1983.23800. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: graubraun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, innen an der Wandung Flecken (grünlich-schwarz), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00013; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T306 Inv. 1981.17424. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen kleine Tonspritzer und Flecken (rotbraun), aussen Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T307 Inv. 1982.9717. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, 3 WS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkel-graugrüner, glaserartiger Überzug, darauf Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B07920; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Befund:* Pozzo. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.

T308 Inv. 1997.060.D08375.41. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS (kleines Fragment); Ton: dunkelgrau; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau (unebene Oberfläche); aussen *Lutum*, grau. – *Angaben zum Fundort:* FK D08375; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund:* Mauerabbruchschutt: viel Mörtel und Tuffsteine, Leistenziegelfragmente, bemalte Wandverputzfragmente. – *Fundkomplexdatierung:* Datierungsqualität: nicht datierbar; Bemerkung zur Datierung: Glanzton 2. Jh. n.

T309 Inv. 1997.060.D08723.91. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS (Durchmesser nicht bestimmbar); Ton: hellgrau, mit Quarzma-

gungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen ockergrauer Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK D08723; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund:* dunkelbraunes humoses Sediment mit Feinkies, Mörtelresten und Leistenziegelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T310 Inv. 1976.4389a. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: beige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (rötlichbeige). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A07588; Grabungsnummer: 1976.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 1. – *Fundsituation:* OK/UK 280,44–279,83 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 100 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 50 bis ca. 80; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 1. H. 3. Jh.

T311 Inv. 1979.7205. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellbraun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK B01979; Grabungsnummer: 1979.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse Forum; Insula 11. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T312 Inv. 1990.051.C05363.8. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (anthrazit), Spritzer (grün), aussen *Lutum* (dick). – *Angaben zum Fundort:* FK C05363; Grabungsnummer: 1990.051; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund:* sandiges Material mit viel Mörtel und Kalkbruchsteinen, Ziegelfragmenten, Tuff = Mauerschutt. An der Unterkante viel Holzkohle, Ziegelfragmente und -mehl. – *Fundkomplexdatierung:* nicht datierbar.

T313 Inv. 1963.630. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen viele Spritzer (z.T. grün), Wandung dunkelgrau, aussen *Lutum*; Bemerkungen: einige Abdrücke unten in der verschlackten Schicht. – *Angaben zum Fundort:* FK W02460; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundsituation:* OK/UK 294,32–293,80 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 1 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T314 Inv. 1963.14190. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen Spritzer, schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T315 Inv. 1963.1420. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellbraun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen naturbelassen (rötlich), aussen *Lutum*; Bemerkungen: mehrere kleine Eindrücke in der verschlackten Schicht, zuunterst ein *Lutum*-Tropfen. – *Angaben zum Fundort:* FK X02704; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* Profil 7, Schicht 4: Lehm. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 120 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.

- T316** Inv. 1967.1640. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X07018; Grabungsnummer: 1967.053; Grabungsname: Neubau Olloz; Insula 20. – *Befund:* verschiedene Sedimente aus der Erbauungszeit der MR28 und älter. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 175; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.
- T317** Inv. 1959.224. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen hellgrauer Belag, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten mehrere Werkzeugeindrücke. – *Angaben zum Fundort:* FK V02221; Grabungsnummer: 1959.052; Grabungsname: Steinler Insula 24. – *Befund:* Schicht 5 bis gewachsener Boden. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T318** Inv. 1959.1603. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen gelblich-fleckiger Belag, aussen *Lutum* (sehr dick); Bemerkungen: unten mehrere Abdrücke im *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V02353; Grabungsnummer: 1959.052; Grabungsname: Steinler Insula 24. – *Fundsituation:* OK / UK 293,43–293,34 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 70; Datierungsqualität: wenig Material.
- T319** Inv. 1956.1055. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (rostbraun). – *Angaben zum Fundort:* FK V01260; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliger; Insula 25. – *Befund:* unter dem Plattenboden 1 (–50 cm unter OK). – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 50 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 200 bis ca. 300; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte.
- T320** (Abb. 13,K) Inv. 1959.2240. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen hellgrauer Belag, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten mehrere Werkzeugeindrücke (z. B. Abb. 13,K). – *Angaben zum Fundort:* FK V02419; Grabungsnummer: 1959.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation:* um 296.26. – *Befund:* Schicht 1–3, Profil 23. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.
- T321** Inv. 1960.1905. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK V03634; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation:* OK / UK 296,04–295,90 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 230; Bemerkung zur Datierung: identisch zu V03633.
- T322** Inv. 1960.2066I. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: anthrazit (im Bruch hellgrau), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen schwarz, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen am Boden grobe Drehrillen. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T323** Inv. 1962.10543. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und 5 WS; Ton: braun, im Bruch graubraun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen weisser Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02203; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Oberflächenschutt wie weiter oben, bis 1. Kulturschicht (kleine Störung). – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260.
- T324** Inv. 1964.10128. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden und WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht geriefte Werkzeug- resp. Holzkohle(?)abdrücke. – *Angaben zum Fundort:* FK X03770; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* mörteliger Lehm, ockerfarben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente früher.
- T325** Inv. 1978.17737. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: graubraun verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen grau verbrannt, porös, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01602; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 80.
- T326** Inv. 1978.11623K. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, sehr dicht, sandig, aber keine Magerungskörner mit dem Auge erkennbar; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen über dem Boden deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort:* FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.
- T327** Inv. 1978.9705J. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer (beige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T328** Inv. 1978.24253. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrauer bis dunkelgrüner Belag mit vielen Spritzern (körnige Oberfläche), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T329** Inv. 1978.24255. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, aussen abgeplatzte *Lutum*-Schicht, darunter ist der Tiegelscherben durch die Hitze aufgerissen. – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T330** Inv. 1978.12771. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01812; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 30; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T331** Inv. 1978.24230. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: graubeige (verbrannt?), sandig, fein gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen und aussen Flecken (beigegrau, ungebraucht?). – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

- T332** Inv. 1977.6069. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (braun) und kleinste Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B00688; Grabungsnummer: 1977.051; Grabungsname: Metzger; Insula 34. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T333** Inv. 1977.9558. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen Flecken (rötlichbraun), an *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B00711; Grabungsnummer: 1977.051; Grabungsname: Metzger; Insula 34. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T334** Inv. 1983.31665. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: grau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dünner verschlackter Belag (grau), innen am Boden beige Partikel, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00352; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T335*** Inv. 1983.38143. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden und WS; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen verschlackter grauer Belag mit vielen weissen «Körnern» (Sand?) mit sehr rauer Oberfläche, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: Tongruppe 2. – Metallspuren: Cu, Sn, Zn+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00417; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T336** Inv. 1983.38182. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, grobsandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen schwarzer dünner Schlackenbelag, darauf beige Flecken und kleine Bronzetropfen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00417; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T337** Inv. 1978.14666. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (dunkelgrün), aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht Werkzeugindrücke. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B02247; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Befund:* Hohwartstrasse und Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 10 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T338** Inv. 1968.8984. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X07998; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 42. – *Fundsituation:* OK / UK 295,98–295,41 m ü. M. – *Befund:* dunkelgrau, sandig, rostbrauner Kies (W-Strassengraben). – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 20 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T339** Inv. 1967.26724. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden innen leicht abgeflacht; Oberfläche: innen braunbeiger Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X07574; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 49. – *Befund:* dunkler Schutt mit Kalksteinen und Ziegeln. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 200.
- T340** Inv. 1960.11025b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: aussen am Boden *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V04530; Grabungsnummer: 1960.070; Grabungsname: Insula 5; Insula 5. – *Befund:* Streufund. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T341** Inv. 1967.2198. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen naturbelassen mit kohligem schwarzem Fleck, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X06535; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5/9 («Taberna»). – *Befund:* brandig-lehmiger Bauschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 300.
- T342** Inv. 1981.16340. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden und 2 WS; Ton: graubeige verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen glasis-heterogen, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07620; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T343** (Abb. 13,E) Inv. 1981.17423. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden Flecken (rot und schwarz), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten Abruck eines schmalen Werkzeugs in der *Lutum*-Schicht (Abb. 13,E). – *Angaben zum Fundort:* FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.
- T344** Inv. 1985.25974. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (beigegelber Schlackenfilm und Bronzeflecken), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C01549; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T345** (Abb. 13,C) Inv. 1985.48553. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrün, ockerbeige), aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht Eindruck eines lanzettförmigen Werkzeugs (Abb. 13,C). – *Angaben zum Fundort:* FK C01637; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 70 bis ca. 200.
- T346** Inv. 2002.055.E01587.202. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau (Bruchflächen sekundär verkrustet); Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Flachboden? (untere Fläche aussen abgeplatzt); Oberfläche: innen schwarzer Überzug; aussen Flecken (graubraun bis grün, verglast). – *Angaben zum Fundort:* FK E01587; Grabungsnummer: 2002.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund:* Humusschicht und modern gestörte Schuttschichten. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 100 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T347** Inv. 1975.6169. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: graubeige, sandig-weich; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen teils naturbelassen, teils glasurartiger Belag (hellgrün, rote Flecken), aussen naturbelassen (ohne Brandflecken). – *Angaben zum Fundort:* FK A06449; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5. – *Befund:* Humus, stark verkohlt mit 10% Kalkbruchsteinen, 5% Ziegelfragmenten (Brandschicht), braunschwarz. – *Fund-*

komplexdatierung: enge Datierung von ca. 210 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: wenige frühe Fragmente.

T348 Inv. 1975.10143. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, ds; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund, innen kleine, mit einer Rille abgesetzte Bodenfläche von 22 mm Durchmesser; Oberfläche: innen grauer Belag, aussen Flecken (grau) und Spritzer (Spur von Tiegelschlacke). – *Angaben zum Fundort*: FK A05737; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5G. – *Befund*: verkohlter Lehm mit Ziegelfragmenten, grauocker. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T349 Inv. 1975.5846. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: braungrau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (grau mit wenigen grünen Flecken), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A06160; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: vage.

T350 Inv. 1983.40818. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit viel Quarzkörnermagerung; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen gelblich-grauer Belag, Spritzer (dunkelgrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B05704; Grabungsnummer: 1983.054; Grabungsname: Krattiger Schufenholzweg; Insula 16. – *Befund*: Südwestlich Hausfassade. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T351 Inv. 1996.061.D05222.65. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (rötlich, grau), Spritzer (grünlichgrau); aus *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D05222; Grabungsnummer: 1996.061; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund*: dunkelbraunes, fein-siltiges Sediment mit wenig Feinkies, Kalksteinfragmenten und Kalksteinsplittern. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 200 bis ca. 250; Datierungsqualität: wenig Material.

T352 Inv. 1995.060.D02744.57. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz und porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen schwarz verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D02744; Grabungsnummer: 1995.060; Grabungsname: Elektroleitung Steinler; Insula 19. – *Befund*: graues siltiges Material mit vergangenen Holzresten und Nagelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T353 Inv. 1967.1211b. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK X06939; Grabungsnummer: 1967.053; Grabungsname: Neubau Olloz; Insula 20. – *Fundsituation*: OK / UK 294,85–293,94 m ü. M. – *Befund*: humoser Oberflächenschutt und Humus. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T354 Inv. 1970.6134. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spur der Schmelze mit dünner gelblicher glasurartiger Belag und deutlichem Rand (in Schräglage entstanden), aussen Flecken (grau); Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallsuren: Ag++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A02676; Grabungsnummer: 1970.051; Grabungsname: Fortunastrasse 3–7; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 294,60–294,45 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 75 bis ca. 170.

T355 Inv. 1988.051.C04889.75. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen und aussen Schlackenbelag (grau), sekundär über eine Bruchkante geflossen. – *Angaben zum Fundort*: FK C04889; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Befund*: sandig-siltiges Material, mit Holzkohlepartikeln, Kieselchen, vereinzelt Ziegelsplittern (dunkelbraun-grau), Bronze-Schlacke, Kieselbollen, Kalkbruchsteinstücke, Asche, gemischtes Material. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T356 Inv. 1958.2201. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen an der Wandung *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK V01679; Grabungsnummer: 1958.052; Grabungsname: Steinler, Insula 24. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T357 Inv. 1956.61. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung blasig aufgequollen, aussen an der Wandung *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK V01230; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliger; Insula 25. – *Befund*: unter Plattenboden 1, in der Nähe des Ofens. –1,80 bis 2,30 und Humus. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T358 Inv. 1956.267. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK V01237; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliger; Insula 25. – *Befund*: –1,50 bis –2,20: aus dem Profil in der Ostecke der Baugrube. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T359 Inv. 1956.269. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen unebene Schlackenkruste (grünlichgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK V01237; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliger; Insula 25. – *Befund*: –1,50 bis –2,20: aus dem Profil in der Ostecke der Baugrube. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T360 Inv. 1979.11663. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (grün-beige gefleckt), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B03338; Grabungsnummer: 1979.054; Grabungsname: Falk; Insula 29. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T361 (Abb. 13,F) Inv. 1959.2241. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen mehrere Werkzeugeinstiche (z. B. Abb. 13,F). – *Angaben zum Fundort*: FK V02419; Grabungsnummer: 1959.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation*: OK / UK 296,26–295,26 m ü. M. – *Befund*: Schicht 1–3, Profil 23. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T362 Inv. 1960.2066R. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, Spritzer (Bronze), aussen *Lutum*; Bemerkungen: alte Risse gehen durch den Tiegelscherben, werden von der äusseren *Lutum*-Schicht jedoch zusammengehalten. – *Angaben zum Fundort*: FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund*: Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T363 Inv. 1960.2066S. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, hartgebrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen schwarz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1 Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T364 Inv. 1960.2066U. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, fein, hart; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen grau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T365 Inv. 1960.11003. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 5 WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V04242; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schicht 2 nach Profil A-B von Norden gesehen. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T366 Inv. 1962.10731. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung naturbelassen, aussen an der Wandung *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X01998; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Oberflächenschutt, sehr humos. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: und Gebeine 1962.14497.

T367 Inv. 1963.6255C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dichter Belag (anthrazit), Spritzer (grün), aussen *Lutum*, Oberfläche glatt und metallisch-irisierend glänzend. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00882; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 296,46–296,08 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T368 Inv. 1963.8887. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen flächig verglast (dünn, dunkel mit Bläschen), Schlackentropfen, aussen an der Wandung flächig verglast (dunkelgrau und grünlich). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01049; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 300; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: 1 Fragment.

T369 Inv. 1963.9884. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS (BS?); Ton: dunkelgrau, «Normaltyp» gross (viele Quarzkörner), verbrannt und ausgebrochen; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen nicht erhalten, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01097; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 300; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: und Gebeine 1963.14174.

T370 Inv. 1963.11425b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (braun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01216; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material.

T371 Inv. 1963.10994J. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 WS; Ton: hellgrau, weich verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen körnige Kruste (dunkelgrau, mit

schwarzen Tröpfchen), aussen *Lutum*; Bemerkungen: die Fragmente zeigen deutlich, wie der Tiegelscherben durch die Hitze weich und bröselig wird, die verschlackte *Lutum*-Schicht jedoch relativ hart wird und stabil bleibt (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T372 Inv. 1964.10128B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelrot), Spritzer (grüngrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X03770; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,54–295,48 m ü. M. – *Befund:* mörteliger Lehm, ockerfarben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente früher.

T373 Inv. 1964.10128D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer (anthrazit), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X03770; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,54–295,48 m ü. M. – *Befund:* mörteliger Lehm, ockerfarben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente früher.

T374 Inv. 1964.10128E. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (anthrazit), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X03770; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,54–295,48 m ü. M. – *Befund:* mörteliger Lehm, ockerfarben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente früher.

T375 Inv. 1978.14543. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, Wanddurchmesser 75; Ton: grau, grobsandig, mit vielen Quarzkörnern; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (beigebraun resp. grünlich), Spritzer, aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort:* FK B00437; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 150.

T376 Inv. 1978.15564. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen ausgebrochen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B00457; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 3. Jh.

T377 Inv. 1978.15565. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 5 WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (hellgrün bis durchscheinend), aussen kohlige schwarze Flecken. – *Angaben zum Fundort:* FK B00457; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 3. Jh.

T378 Inv. 1978.9243. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen feine deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort:* FK B00472; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse;

Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 150; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: 1–2 frühe Fragmente.

T379 Inv. 1978.24299. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 10 WS (Sammelnummer); Ton: hellgrau; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen meist dunkler Belag, z.T. mit Bronzespuren, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T38 Inv. 1958.2754A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 RS und ca. 24 kleinste WS; Ton: rötlich-beige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» klein; Oberfläche: aussen naturbelassen, innen verglaster Fleck (grün). – *Angaben zum Fundort*: FK V01705; Grabungsnummer: 1958.052; Grabungsname: Steinler, Insula 24. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T380 Inv. 1978.10183B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (anthrazit), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01612; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,66–295,24 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage, unsicher.

T381 Inv. 1978.10183C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01612; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,66–295,24 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage, unsicher.

T382 Inv. 1978.11623J. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, grobsandig, mit vielen weissen Quarzkörnchen; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen «schmutzig» (grau), aussen graue Spuren einer *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T383 Inv. 1978.23171. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen 4 mm dicker grüner Bronzerest (verschlackt), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01634; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 25 bis ca. 110.

T384 Inv. 1978.13694. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: schwarz bis braun, völlig verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen weggebrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01645; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 110.

T385 Inv. 1978.13591. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01667; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T386 Inv. 1978.17583. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige, aussen grau, mit viel Quarzmagerung, etwas verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

T387 Inv. 1978.9705G. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen weisser Belag, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T388 Inv. 1978.24256. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau (im Bruch rotbraun), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen hellgrauer Belag, darüber rostbraune bis dunkelgraue Schlackenschicht, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T389 Inv. 1978.24262. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T390 Inv. 1978.6483. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen nicht erhalten, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01793; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T391 Inv. 1978.24226. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit feiner Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dunkelgrau, Flecken (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T392 Inv. 1978.24227. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen abgewittert (zerfurcht), aussen *Lutum* (Tropfenstruktur). – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T393 Inv. 1978.11531. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, stark mit Quarz gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01869; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Befund*: Porticus Ost. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 170; Bemerkung zur Datierung: vage.

T394 Inv. 1977.9559. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B00711; Grabungsnummer: 1977.051; Grabungsname: Metzger; Insula 34. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

- T395** Inv. 1983.30159. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00272; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 150; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 200.
- T396** Inv. 1983.33535. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen hellgrau, Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00364; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 275.
- T397** Inv. 1983.35289. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dünner ockerbeiger Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00392; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T398** Inv. 1983.37421. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braungrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen braun bis grau verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00408; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* östliche Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T399** Inv. 1983.37902. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00408; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* östliche Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T400** Inv. 1983.38271. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen schwarz-günlich gefleckt, aus Flecken (grau), Spritzer (hellgrün). – *Angaben zum Fundort:* FK C00422; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T401** Inv. 1983.39375. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen grau, aussen Rest von *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort:* FK C00461; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T402** Inv. 1968.4901. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (beige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X07867; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2 / A3; Insula 36. – *Fundsituation:* OK / UK 296,29–295,77 m ü. M. – *Befund:* UK Boden I bis OK Boden II, grau, mit Holzkohle, lehmig. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 250; Datierungsqualität: Zwei zeitliche Schwerpunkte; Bemerkung zur Datierung: 30–2. Jh; «Normaltyp» gross. Frgte 1. H. 3. Jh.
- T403** Inv. 1984.530. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dünner beiger Belag mit schwarzer Oberfläche, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00509; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T404** Inv. 1984.770. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen hellgrauer lehmiger Belag, aussen glasurartiger Belag (grünlich durchscheinend). – *Angaben zum Fundort:* FK C00509; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T405** Inv. 1984.805D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen blasige Flecken (beige, grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00510; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T406** (Abb. 13,N) Inv. 1984.1231. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig, hart; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (beige, lehmig) und Spritzer (grün), aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen kleine Werkzeugabdrücke in der *Lutum*-Schicht (Abb. 13,N). – *Angaben zum Fundort:* FK C00512; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Grube? – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T407** Inv. 1984.1592. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (grüngrau), an *Lutum* (schwarz). – *Angaben zum Fundort:* FK C00515; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Störung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T408** Inv. 1984.7727A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau (im Bruch grau), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (grüngrau), aussen *Lutum* (dünn, nur partiell). – *Angaben zum Fundort:* FK C00637; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T409** Inv. 1978.10815. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B02244; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Befund:* Strassengraben Ost. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 280.
- T410** Inv. 1978.12373. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, dünnwandig (2,5–3,0 mm); Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B02354; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 50 bis ca. 110; weite Datierung von ca. 290 bis ca. 350; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte.
- T411** Inv. 1972.3989. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen an der Wandung flächig verglast (hellgrau mit grünlichem und gelben Flecken). – *Angaben zum Fundort:* FK Z02330; Grabungsnummer: 1972.053; Grabungsname: Rauschentalstrasse Palazzo; Insula 41 («Palazzo»). – *Fundsituation:* OK / UK 296,15–295,26 m ü. M. – *Befund:* Strassengraben West. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 210 bis ca. 250.
- T412** Inv. 1972.2797. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: dunkelgrau, grobsandig (viele Quarzkörner); Tongruppe 3; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (schwarz), aussen *Lutum* (grösstenteils abgeplatzt). – *Archäometri-*

sche Untersuchung (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 3 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Z02341; Grabungsnummer: 1972.053; Grabungsname: Rauschentalstrasse Palazzo; Insula 41 («Palazzo»). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 210.

T413 Inv. 1968.7928. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen rötlichgrau, Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen deutliche feine Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK X07918; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 42. – *Fundsituation*: OK/UK 297,15–296,65 m ü. M. – *Befund*: ab UK Säule bis OK Marmorplatten. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: neronisch bis frühes 2./Mitte 3. Jh.

T414 Inv. 1960.11025e. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK V04530; Grabungsnummer: 1960.070; Grabungsname: Insula 5; Insula 5. – *Befund*: Streufund. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T415 Inv. 1968.11530. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (grün bis rot), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A00159; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 50. – *Befund*: sandig, hell. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 70.

T416 Inv. 1981.14059. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen graubrauner, unebener Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T417 Inv. 1981.14181. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit kleinen Quarzkörnern; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen grau verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T418 Inv. 1981.14316C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T419 Inv. 1981.14316D. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen verschlackt (knollig, dunkelbraun bis grünlich), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu⁺⁺⁺, Zn⁺, Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T420 Inv. 1981.17335. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; In-

sula 50. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.

T421 Inv. 1982.6396. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (gelb-grünlich), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07810; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T422 Inv. 1982.23891B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: hellgrau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen grünlichgrauer Belag und viele Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B08339; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK/UK 297,68–296,03 m ü. M. – *Befund*: Strassen-graben. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 170 bis ca. 230; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte.

T423 Inv. 1986.2617. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, feine Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross (Tiegel?); Oberfläche: innen lehmige, festgebackene Kruste, aussen dunkel (rötlichschwarz), Spritzer. – *Angaben zum Fundort*: FK C02015; Grabungsnummer: 1986.051; Grabungsname: Schwarzacker Kanalisation; Insula 52/Region 6C. – *Fundkomplexdatierung*: Datierungsqualität: nicht datierbar; Bemerkung zur Datierung: vermischt.

T424 Inv. 1980.8241. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dünner dunkelgrauer Belag, darauf Bronzespritzer und -tropfen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B05980; Grabungsnummer: 1980.053; Grabungsname: F.T.S.-Projekt Castelen; Insula 6. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 210.

T425 Inv. 1997.060.D05554.158. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross (Tiegel?); Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*? (dünn, matt, ohne Verschlackung). – *Angaben zum Fundort*: FK D05554; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund*: dunkelbraunes, humoses Sediment mit Kalksteinsplittern und Ziegelfragmenten, etwas Fein- und Grobkies. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: aber auch wenig Hochmittelalter/Neuzeit.

T426 Inv. 2003.051.E07424.71. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, hart gebrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross (Tiegel); Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?); Bemerkungen: heller Ton und innere Drehrillen typisch für Tiegel. – *Angaben zum Fundort*: FK E07424; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 9. – *Befund*: Streufunde. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T427 Inv. 1992.051.D00767.48. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer (graugrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D00767; Grabungsnummer: 1992.051; Grabungsname: Kastelen; Insulae 1/2. – *Befund*: graubraunes lehmig-sandiges Material mit Tuffsteinen, Kalkbruchsteinen und Ziegelstücken. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material.

- T428** Inv. 1977.9495. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B00213; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insulae 25/31. – *Befund:* Sondiergraben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 250.
- T429** Inv. 1981.890. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen rötlich, schlackiger Bodensatz (dünn, beige), aussen Flecken (grau, lehmig). – *Angaben zum Fundort:* FK B07505; Grabungsnummer: 1981.002; Grabungsname: Neubau/Umbau M. Messer, Auf der Wacht; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.
- T430** Inv. 2011.001.F09293.335a.b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen roh, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK F09293; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation:* OK/UK 272,85–272,27 m ü. M. – *Befund:* Kies, Kalksteinsplitter, kleine Ziegelfragmente in graubraunem siltig-sandigem Material. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK (jedoch 13 Münzen des 4. Jh.); Bemerkung zur Datierung: Inv. 320–334 = Eisen.
- T431** Inv. 2011.001.F09386.296. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit vielen feinen weissen Magerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen schwarzer dichter Belag; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK F09386; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation:* OK/UK 272,70–271,52 m ü. M. – *Befund:* Fein- und Mittelschutt in braunbeigem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 80 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T432** Inv. 2011.001.F09386.298. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen verwittert; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK F09386; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation:* OK/UK 272,70–271,52 m ü. M. – *Befund:* Fein- und Mittelschutt in braunbeigem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 80 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T433** Inv. 2002.006.E05465.71. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, Bruchkanten abgesandet; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen verwaschen (Oberfläche schlecht erhalten); aussen *Lutum*; Bemerkungen: das Tiegelfragment ist sekundär durch Erosion verschliffen. – *Angaben zum Fundort:* FK E05465; Grabungsnummer: 2002.006; Grabungsname: Überbauung Schürmatt, Friedhofstrasse; Region 18C. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.
- T434** Inv. 1985.20777. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen grauer, leicht glänzender Belag, aussen *Lutum* (matt, grau). – *Angaben zum Fundort:* FK C01537; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: evtl. noch 4. Jh.
- T435** Inv. 1985.31744. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen rötlichgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C01563; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundsituation:* OK/UK 279,05–278,75 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T436** Inv. 2005.055.E01741.53. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS (evtl. von verschiedenen Tiegeln); Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (grau, rötlich), Spritzer (grün); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK E01741; Grabungsnummer: 2005.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund:* leicht lehmig-humoses Sediment, braun bis dunkelbraun, vermischt mit Kalksteinsplittern, Kalkbruchsteinen, Buntsandsteinabschlägen, Ziegelfragmenten und Kiesel. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 80 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T437** Inv. 1966.12330. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, grobsandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen verwittert, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X05515; Grabungsnummer: 1966.055; Grabungsname: N2/A3; Region 4H. – *Befund:* Oberflächenschutt: brauner, sandiger Lehm mit Kalksteinen, Ziegelfragmenten, Kiesel, Mörtel, Buntsandsteinen. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T438** Inv. 1965.9815. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer (z. T. grün), aussen *Lutum*, mit anhaftendem 35 mm grossem Schlackenbrocken; *Literatur:* Fünfschilling 2006, 184 ff. Anm. 975. – *Angaben zum Fundort:* FK X04333; Grabungsnummer: 1965.051; Grabungsname: Kurzenbettli N2; Region 5. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 210; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T439** Inv. 1967.5863. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beigebraun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X06713; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Region 5B. – *Befund:* Schutt mit Mörtel und Keramik; abtiefen in gestörtem Material (durch Ausbruch in MR93): Kies, Steine, Sand, vermischt mit Keramikhorizont; UK bis auf Stein-Mörtel-Horizont. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 1 bis ca. 30; weite Datierung von ca. 130 bis ca. 190; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: 1 frühes Fragment.
- T440** Inv. 1975.6927. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A06403; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5G. – *Befund:* stark vekohlter Humus mit 5% Kalk- und 15% grossen Sandbruchsteinen, schwarz. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T441** Inv. 1975.6928. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelbraun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A06403; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5G. – *Befund:* stark vekohlter Humus mit 5% Kalk- und 15% grossen Sandbruchsteinen, schwarz. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T442** Inv. 2001.051.E04637.80. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen flächig verglast (schwarz), Spritzer (grün); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK E04637; Grabungsnummer: 2001.051; Grabungsname: Kunz-Suter; Region 8C. – *Befund:* braun-humoses Material: nachrömische Mischschicht. Im unteren Teil vermischt mit Kalksteinabschlägen. Kalksteinsplitter, wenige Ziegelfragmente. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T443 Inv. 1975.2267. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum* (z. T. bläulich glänzend). – *Angaben zum Fundort:* FK A06178; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 230 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: sehr guter FK, grosse Gefässreste.

T444 Inv. 1975.2268. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen Flecken (ockerbraun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A06178; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 230 bis ca. 280; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: sehr guter FK, grosse Gefässreste.

T445 Inv. 1984.20847. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun (verbrannt), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, Spritzer (grün), aussen Flecken (rotgrau). – *Angaben zum Fundort:* FK C01420; Grabungsnummer: 1984.052; Grabungsname: Degen; Region 9. – *Befund:* Störung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Tafel 13 («Normaltyp» gross)

T446* Inv. 1956.1406. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz (wenige moderne Schadstellen), H. innen 111, H. aussen 125, Dm. 63–70 (deformiert); Ton: hellgrau (ausser dunkelgrau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden eiförmigspitz; Oberfläche: innen Spritzer, aussen und aussen am Boden *Lutum*, bläsig aufgequollen; Bemerkungen: seitlich und unten Abdrücke von Werkzeugspitzen (s. Detailfoto), ca. 50 mm unter dem Rand halb umlaufender Eindruck (10 mm breit, von Tiegelzange mit Rundmaul?). Volumen: ca. 330 cm³ (Abb. 21); *Literatur:* Martin 1978, Abb. 18,1. – *Angaben zum Fundort:* FK V01285; Grabungsnummer: 1956.057; Grabungsname: Gallezen; Region 15. – *Befund:* Grab 2 (?; Steiger 1966, 39 [Medeabecher, angeblich aus demselben Grab]). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T447* Inv. 1978.24290. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 BS; Ton: grau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Boden rund; Oberfläche: innen bläsig aufgequollen (grau bis grünlichbeige), aussen *Lutum*. – Bemerkungen: *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+ (3 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T448* (Abb. 50) Inv. 1963.14195. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarzer dichter Belag, darauf ein Bronzetröpfchen sichtbar und mehrere weitere in der Tomographie erfasst (Abb. 50), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ , Sn+ (3 Messungen), Zn+ (2 Messungen), Au+ (2 Messungen), Hg (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00926; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,58–295,47 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T449* Inv. 1978.24291. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, weich verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen dunkelgrau, innen am Boden Spritzer (Bronze), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T450* (Abb. 10) Inv. 1978.24289. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, weich verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmigspitz; Oberfläche: innen Flecken (ockergelb und braun), aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht grosse Blasen und einige Werkzeugabdrücke. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T451* Inv. 1978.24292. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, 4 WS; Ton: dunkelgrau, sehr dicht und fein, anscheinend hoch gebrannt (leicht versintert); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden innen flach (Durchmesser 17 mm); Oberfläche: innen rötlichgrau, innen am Boden Spritzer (grünlich). – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T452* Inv. 1978.17161. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 80; Ton: grau, stark mit mittelgrossen Quarzkörnern gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» gross, flach abgestrichener, nicht verdickter Rand; Oberfläche: innen hellgrauer Lehmfilm, aussen *Lutum* (bis an den Rand ausdünnend). – *Angaben zum Fundort:* FK B01694; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 20 bis ca. 150; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich ab 2. H. 2. Jh.

T453* Inv. 1960.11025a.c.f. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, WS und BS, Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 115, Dm. 80; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer (s. Detailfoto), aussen *Lutum* (grünlichgrau bis rötlich); Bemerkungen: unten drei Abdrücke in der *Lutum*-Schicht: 2x mit feinen, 1x mit groben Riffelungen (s. Detailfoto), vermutlich von Feilen von ca. 13 resp. 17 mm Breite. – *Angaben zum Fundort:* FK V04530; Grabungsnummer: 1960.070; Grabungsname: Insula 5; Insula 5. – *Befund:* Streufund. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Tafel 14 («Normaltyp» gross)

T454* (Abb. 6) Inv. 1978.22766B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS und 8 WS, Dm. 76; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (rotbraun), innen an der Wandung Spritzer, aussen *Lutum* (bis 6 mm hoch über den Rand verlaufend). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – Metallspuren: Cu++ (4 Messungen), Zn++, Au, Hg (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1; 6-2-1 und 6-3; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3,11 und 9. – *Angaben zum Fundort:* FK B01781; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 125 bis ca. 175; Bemerkung zur Datierung: vage.

T455* Inv. 1962.2929. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 5 RS, 18 WS, 1 BS sowie div. separate Schlackenbröckchen, Profil rekonstruierbar, H. innen 128, H. aussen ca. 135, Dm. 74; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden eiförmigspitz; Oberfläche: innen Flecken (grau) und Spritzer, aussen im Schulterbereich dünnes *Lutum*, darunter in einen verglasten Überzug übergehend (gefleckt von durchscheinend über rötlich bis schwarz; s. Detailfoto); Bemerkungen: anpassend 1 WS 1962.2962. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: wahrscheinlich Tongruppe 2. – Metallspuren: Cu (Tabelle 1); *Literatur:* Furger 1998A, 136 Abb. 15, rechts. – *Angaben zum Fundort:* FK X01612; Grabungsnummer: 1962.051; Grabungsname:

Steinler Insula 30. – *Befund*: Profil 169, Schicht 2, um Schmelzofen. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; nach Fundvergesellschaftung (Horizont 4) Mitte 3. Jh.

T456 Inv. 1963.10994C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 75; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen tonige Flecken, aussen *Lutum* (dünn, schwarz, stark verglast). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T457 Inv. 1944.2944. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: graubeige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, aussen am Rand naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK V00497; Grabungsnummer: 1944.052; Grabungsname: Neubau Lüscher; Insula 21. – *Befund*: Tiefe bis 0,80 m. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T458 Inv. 1960.2066F. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: dunkelgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, aussen leichter Einzug unter dem Randwulst; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen und auf dem Rand dunkelgraue Anhaftungen eines *Lutum*-Überzugs. – *Angaben zum Fundort*: FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund*: Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T459 Inv. 1963.9690. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: hellgrau, mit viel grober Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen naturbelassen (grau) mit kleinen braunen Flecken, aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der *Lutum*-Schicht zwei Holzkohle(?)–Abdrücke. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01096; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T460 Inv. 1965.7693. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrau, innen am Rand Lehmgespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X05423; Grabungsnummer: 1965.056; Grabungsname: Neubau Dubler; Insula 15. – *Befund*: stark aschiger, sandiger Lehm mit Ziegelschutt u. a. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 190.

T461 Inv. 1975.11763. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A08814; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T462 Inv. 1978.10361. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, aussen leichte Eindellung unter dem Rand; Oberfläche: innen Flecken (braun), aussen dunkelgrau. – *Angaben zum Fundort*: FK B01675; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T463 Inv. 1982.23891A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken

(ockergelb), aussen *Lutum* (dick bis zum Rand hinauf). – *Angaben zum Fundort*: FK B08339; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK / UK 297,68–296,03 m ü. M. – *Befund*: Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 170 bis ca. 230; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte.

T464* Inv. 1978.24328. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. ca. 80–90; Ton: dunkelgrau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, steilwandige Sonderform mit ausdünnendem, etwas nach innen gelegtem Rand; Oberfläche: innen Flecken (braun, ocker, dunkelgrau), porös, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T465* (Abb. 10) Inv. 1963.6437A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 BS, 2 WS; Ton: braungrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, darauf Spritzer und Schlackentropfen, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+, Zn+, Au (Tabelle 1). – Graue Innenfläche: Zn+, Cu+, Pb, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00754; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,65–295,56 m ü. M. – *Befund*: Schichtengrabung. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T466* (Abb. 66; 87) Inv. 1963.10994F. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 WS; Ton: hellgrau, sandig, innen mit grossem Quarzkorn; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (anthrazit), mit grossen Warzen und Tropfen (s. Detailfoto; ebenfalls mit Glasur überzogen), z. T. auch grüne Bronzetröpfchen, aussen *Lutum* (dünn, anthrazit verglast wie innen). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: Tongruppe 2. – Metallspuren: Cu++, Sn++, Pb+, Zn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T467* (Abb. 87) Inv. 1967.3544. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, viele feine Quarzkörner, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen viele Spritzer (z. T. grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X06681; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2 / A3; Region 5G. – *Befund*: Kies, umgeben von heterogenem Material, Sand, feinem Lehm, Holzkohle- und Ziegelpartikeln; auf 296,21 m ü. M. Kiesschicht, umgebendes Material: lehmig mit Sand, Ziegelpartikel, Holzkohle, schwarzbraun; unter Kies: Löss. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 160.

T468* (Abb. 86; 102) Inv. 1956.221. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen Spritzer (metallisch?), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten mehrere Werkzeugabdrücke. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++, Sn++, Pb+, Zn+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK V01236; Grabungsnummer: 1956.055; Grabungsname: Neubau Löliker; Insula 25. – *Befund*: Tiefe bis –1,60 m und Humus; im Strassengraben innerhalb der Baugrube. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T469* Inv. 1963.1246. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, fein, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen Flecken (grau) und Spritzer (grün), alter Hitzeriss (s. Detailfoto), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten zahlreiche, nicht definierbare Eindrücke in der verschlackten Schicht. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++, Sn, Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X02442; Grabungsnum-

mer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: Profil 2, Schichten 3/4: Brandschicht und gelbe Lehmsschicht. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 25 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T470* Inv. 1906.587. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: fast ganz, H. innen 126, H. aussen 153, Dm. 90; Ton: dunkelgrau, im Bruch hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen an der Wand anhaftende Reste der Gusspeise; aussen sehr dicke *Lutum*-Schicht; auf der Bodenunterseite mehrere Abdrücke unterschiedlicher Werkzeuge; *Literatur*: Martin 1978, Abb. 20. – *Angaben zum Fundort*: FK U00524; Grabungsnummer: 1879.090; Grabungsname: Streufunde; Insula / Region: Altfund «Augst». – *Befund*: Augst 1879, 1906 inventarisiert. Vgl. Eingangsbuch Historisches Museum Basel 1906.

Tafel 15 («Normaltyp» gross)

T471* Inv. 1978.24212. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 6 RS, 1 BS, 5 WS, Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 120, H., aussen ca. 150, Dm. 90; Ton: grau, mit starker Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, sehr dickwandig (insbes. am Boden), Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen am Rand Lehmreste, innen an der Wandung Flecken, z.T. verkrustete Spritzer (mit Sandkörnern und dunkelgrünen Flecken), innen am Boden aufgerosteter Eisenrest, aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der äusseren *Lutum*-Schicht mehrere Holzkohle(?)eindrücke. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T472* Inv. 1963.14192. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, 2 WS, 2 BS, Profil rekonstruierbar, H. innen 124, H. aussen 136, Dm. 82; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, innen an der Wandung grosse Spritzer grau, rostbraun, schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten einige Werkzeug(?)abdrücke. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00926; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,58–295,47 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T473 Inv. 1978.11623A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 83; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, aussen am Rand Flecken (dunkelgrau). – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T474* (Abb. 66; 82; 92; 102; 124) Inv. 1978.24295. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, hoch gebrannt, sandig; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dünner rostbrauner Belag, aussen *Lutum*; Bemerkungen: im *Lutum*-Belag aussen striemenförmige Abdrücke (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 2, siehe Nachbrände Abb. 124. – *Metallspuren*: Zn⁺⁺⁺, Hg (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T475* Inv. 1978.24327. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, alt in vier Teile gesprungen, diese hängen aber noch lose zusammen; H. innen 122; H. aussen 142; Dm. 85; Ton: grau, verbrannt (im

Bruch nicht beurteilbar); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (lehmig, grau), aus *Lutum* (am Rand z.T. abgeplatzt); Bemerkungen: 35 mm unter dem Rand ein Eindruck der Schmiedezange, der auch die weiche(!) Tiegelkeramik deformiert hat (s. Detailfoto); unten zahlreiche Werkzeugeindrücke in der *Lutum*-Schicht (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

Tafel 16 («Normaltyp» gross)

T476* Inv. 1978.24329. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, Randstück alt gesprungen und ausgebrochen; H. innen 115; H. aussen 133; Dm. 85; Ton: grau, mit viel Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (lehmig, grau), innen an der Wandung viele grüne Bronzetröpfchen, aus *Lutum* (am Rand z.T. abgeplatzt); Bemerkungen: 25 mm unter dem Rand ein Eindruck der Schmiedezange, der auch die weiche(!) Tiegelkeramik deformiert hat (s. kleines Detailfoto); unten mehrere Werkzeugeindrücke und zerfurcht erstarrte *Lutum*-Oberfläche (s. Foto); eingemessen: Fundnummer 2567; *Literatur*: König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, 2.5. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T477 Inv. 1963.5191. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer und kleiner Metalltropfen, aussen *Lutum*; Bemerkungen: kleiner flauer Werkzeugabdruck in der *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00866; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 294,51–294,33 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 30 bis ca. 70; Datierungsqualität: (vereinzelte) späte Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: gut erhaltenes Material der 1. H. 3. Jh.

T478 Inv. 1978.11623. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, aussen Reste eines abgeplatzten dunkelgrauen Schlackebelags. – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T479 Inv. 1954.55. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK V05958; Grabungsnummer: 1954.052; Grabungsname: Kanalisation Langgasse-Schufenholzweg, Insula 5/9 (Leitungsgrabung). – *Befund*: -1,40 bis -1,70 m; unter Theater aus Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T480 Inv. 1962.3113. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen flächig verglast (grüngrau, uneben), aussen naturbelassen, Flecken (dunkelgrau); *Literatur*: Furger 1998A, 136. – *Angaben zum Fundort*: FK X01642; Grabungsnummer: 1962.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund*: humoser Schutt. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 230; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt, nach Fundvergesellschaftung und Fundhöhe 3. Jh.

T481 Inv. 1963.10798. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, fein, etwas verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wan-

dung grau, aussen *Lutum* (hellgrau), bis zum Rand, relativ glatt. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01182; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,37–295,18 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T482 Inv. 1968.4841. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand beige Tonaufgabe, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X07826; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 36. – *Fundsituation*: OK/UK 296,58–296,27 m ü. M. – *Befund*: erdig, mit Holzkohle und hellen Lehmbröckchen. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T483 Inv. 1977.9059. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: braun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort*: FK B00022; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 294,97–294,73 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 150; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser.

T484 Inv. 1978.14515. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen Flecken (grau bis dunkelrötlich), aussen Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort*: FK B01618; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 110; Bemerkung zur Datierung: dazu einige frühere Fragmente.

T485 Inv. 1981.13836. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung Flecken (dunkelrot), aussen *Lutum*, über den Rand etwas ins Innere verstrichen. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T486 Inv. 1996.061.D05162.254. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 85; Ton: grau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen hellgrauer Belag, Flecken (braun); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D05162; Grabungsnummer: 1996.061; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund*: dunkles Sediment mit faustgrossen Kalksteinen und feinen Kieseln, Holzkohle, Leistenziegelfragmente, Imbrex, Knochen (Rippen- und Röhrenknochenfragmente). – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T487 Inv. 2006.051.F01971.35. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 80–90; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau, innen am Rand Lehmwulst, der über den Rand in die äussere *Lutum*-Schicht übergeht (z. T. weggebrochen); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F01971; Grabungsnummer: 2006.051; Grabungsname: Obermühle; Region 9D (Rauricastrasse). – *Befund*: Sandsteintrümmer (Laufbrunnen?); plattige, rote Sandsteinstücke; Abbau der obersten Schicht (Versturz-/Verschmutzungsschicht). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 180 bis ca. 250; Datierungsqualität: wenig Material.

T488 Inv. 1978.22029. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 86; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (graubraun), aussen naturbelassen mit Flecken (braun). – *Angaben zum Fundort*: FK B01609; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T489* Inv. (ohne Inv.). *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz, H. innen 126, H. aussen 145, Dm. 90; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen (untere Hälfte) einige Spritzer (bis 4 cm unter den Rand = Spiegel der Schmelze?), aussen *Lutum* (grosser Teil weggebrochen) mit glatter Oberfläche, einige Risse. Berechnetes Volumen: ca. 593 cm³ (Abb. 21). – *Angaben zum Fundort*: FK ohne; Grabungsnummer: ohne; Grabungsname: Insula / Region: Altfund (?) «Augst». – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T490* (Abb. 9; 88; 89; 93) Inv. 1963.1894A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 BS; Ton: hellgrau bis bräunlich, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden aussen abgeflacht (innen rund); Oberfläche: innen dünn dunkelgrün verglast, z. T. in alte Brüche hineingeflossen (Abb. 93), aussen kaum Gebrauchsspuren, aber durch Risse durchgesickerte Glastropfen (s. Detailfoto); Bemerkungen: am Boden auf einer Fläche von 25 mm Dm. Spur der Drahtschlinge von der Abnahme ab der Töpferscheibe (s. Detailfoto Abb. 9). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Pb+++ (3 Messungen), Ag+, As++ (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK W02457; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 210; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 10–50.

T491* Inv. 1978.7550B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, WS (und vermutlich auch RS 1978.7550C), Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 130, H. aussen ca. 150, Dm. ca. 80; Ton: grau, mit viel grober Quarzmagerung, hart gebrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen rötlichgrau, mit dunkelgrauen Flecken und grünlichen Spritzern, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T492 Inv. 1960.2066. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 80; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum* (Rest). – *Angaben zum Fundort*: FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund*: Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T493 Inv. 1968.3591. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand leicht beige verschlackt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X07823; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 36. – *Fundsituation*: OK/UK 296,88–296,58 m ü. M. – *Befund*: braunes, erdiges Material mit Mörtel und Ziegelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250.

T494 Inv. 1975.6653. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau, aussen rötlichbeige mit rotem Fleck. – *Angaben zum Fundort*: FK A06451; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5G. – *Befund*: verkohlter Humus mit 5% Kalkbruchsteinen, etwas Ziegelfragmenten, braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 400; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: auch mittelalterliches Material.

T495 Inv. 1978.13590. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, leichte Rille aussen unter dem Rand; Oberfläche: innen Flecken (braungrau), aussen beigebräun. – *Angaben zum Fundort*:

FK B01667; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T496 Inv. 1984.1040. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen graue Lehmflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK C00510; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T497 Inv. 1978.24287. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 80; Ton: hell-rötlich verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmauflage, innen braun, aussen *Lutum*, mit grünlichen Glasurflecken. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T498 Inv. 2003.051.E07432.13. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 80; Ton: dunkelbraun verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen Flecken (braun). – *Angaben zum Fundort*: FK E07432; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname: Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund*: Baggerabtrag. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T499 Inv. 1967.23533b. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: braun verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkel rotbraun verfärbt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X07638; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 49. – *Fundsituation*: OK/UK 296,65–295,99 m ü. M. – *Befund*: Oberflächenschutt; sandig-humos, Kalksteinsplitter und -brocken, Ziegelfragmente und -partikel, Mörtelreste, braun; (Holzkohle); in Feld D22 sehr viel Ziegelschutt. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

Tafel 17 («Normaltyp» gross)

T500* Inv. 1943.2033. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: fast ganz (10 Fragmente), H. innen 123, H. aussen 140, Dm. 81; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Spritzer, innen am Boden Spritzer, aussen am Boden und aussen an der Wandung *Lutum*, gegen den Rand ausdünnend; Bemerkungen: im Innern des wieder zusammengesetzten Tiegels ist eine Hälfte mit einem weissen Sinter überzogen, als sei diese – sekundär! – über längere Zeit hohl gelegen (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK V06521; Grabungsnummer: 1943.051; Grabungsname: Zentralthermen; Insula 37. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T501* (Abb. 163) Inv. 1976.9511. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: braungrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: aussen 323–33 mm unter dem Rand Grafito «C» (Abb. 163), vor dem Brand angebracht, Buchstabenhöhe 10 mm (Beobachtung Markus Helfert). – *Angaben zum Fundort*: FK A07629; Grabungsnummer: 1976.055; Grabungsname: Forum Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Fundsituation*: OK/UK 293,68–292,56 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 200 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 40 bis ca. 60; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: 1 frühes Fragment.

T502* Inv. 1978.24215. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 RS, 1 Tiegelboden, 6 WS, Profil rekonstruierbar, H. innen ca. 154, H. aussen ca. 173, Dm. 90; Ton: graubeige, mit deutlicher Quarzmage-

rung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand einfach verrundet, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (grau), aus *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T503* (Abb. 28) Inv. 1960.2066L. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 RS, 10 WS, Dm. 80; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1?, 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmflecken, innen anthrazit, innen an der Wandung Spritzer (grün), aussen *Lutum*, oben am Rand horizontal abgestrichen; Bemerkungen: die *Lutum*-Oberfläche ist sauber abgearbeitet und zeigt keine Bruchstruktur eines «angeklebten» Deckels oder dergleichen (Abb. 28). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1; *Lutum*: Tongruppe 2 (3 Messungen). – *Metallspuren*: Zn (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 63 ff. Tab. 6-1; 6-2-1 und 6-3; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3,1. – *Angaben zum Fundort*: FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T504* (Abb. 70; 92) Inv. 1973.13521. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Wanddurchmesser > 115 mm; Ton: beige, sandig, mit vielen kleinen bis mittelgrossen Quarzmagerungskörnern; Tongruppe 5; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen; Bemerkungen: innen deutliche Drehrillen; ein von der Wandung zum Boden verlaufender Riss (s. Detailfoto) könnte ein *Fabrikationsfehler* sein; ungebraucht? – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 5. – *Metallspuren*: Hg+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A04795; Grabungsnummer: 1973.005; Grabungsname: Neubau Frey, Bahnhofstrasse; Region 19B. – *Fundsituation*: OK/UK 273,22–270,87 m ü. M. – *Befund*: Brunnen 4. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250.

T505* (Abb. 9) Inv. 1982.13749. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: dunkelgrau, sehr sandig (durch Hitzeeinwirkung); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund, Unterseite aussen ebenfalls verrundet und nur grob verstrichen (s. Detailfoto Abb. 9); Oberfläche: innen geschwärzt, aber keinerlei Schlacken- und Bronzespuren, aussen Flecken (schwarz), aber ohne *Lutum* oder Verschlackung. – *Angaben zum Fundort*: FK B08023; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T506* (Abb. 6; 59; 83; 88; 89; 93) Inv. 1967.26279. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: hellbeige, weich, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grosser Glasurfleck (hellgrün), darauf dunkelgrauer kleinerer Fleck (Abb. 83; 93), aussen naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – *Metallspuren*: Pb+++, Ag++, As++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X07647; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 49. – *Fundsituation*: OK/UK 295,99–m ü. M. – *Befund*: dunkel, mit Ziegeln, Holzkohle und rotgebrannten Steinen. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T507* Inv. 1963.10994D. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Spritzer (grau), innen an der Wandung dünner Belag (dunkelgrau). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK/UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

Tafel 18 («Normaltyp» gross)

- T508*** (Abb. 69) Inv. 1963.9505. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: graubraun, mit Quarzkörnern; Tongruppe 4; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen am Rand rötlich verfärbt, innen an der Wandung graubraun, aussen Flecken (grau und braun). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 4 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01083; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 294,91–294,65 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 110; Bemerkung zur Datierung: Drag. 36 eckig, Dr. 35, Hofh. 12.
- T509** Inv. 1982.6492. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS, Dm. 90; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wandung Spritzer (dicke Schicht mit gekräuselter Oberfläche), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Sn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B07813; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T510** Inv. 2001.064.E04794.77. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und 2 WS, Dm. 90 mm; Ton: hellgrau, hart gebrannt; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (evtl. unbenutzt). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1, 2 Messungen). – *Angaben zum Fundort:* FK E04794; Grabungsnummer: 2001.064; Grabungsname: Degen-Messerli; Region 9D. – *Befund:* Mischschicht. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 40 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T511** Inv. 1978.13589. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und 5 WS, Dm. ca. 90; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau, aussen Spuren einer dunkelgrauen, verbrannten Lehmauflage. – *Angaben zum Fundort:* FK B01667; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T512** Inv. 1984.2607. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. ca. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand hellgrauer Tonbelag, innen an der Wandung Spritzer (Bronze), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00521; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T513** Inv. 1981.17612a-f. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, 5 WS, Dm. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wandung Flecken (dunkel grüngrau), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.
- T514** Inv. 1978.11623E. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80–100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, aussen Reste einer abgeplatzten Schlackeschicht. – *Angaben zum Fundort:* FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.
- T515** Inv. 1978.24285. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80–100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dünner Belag (anthrazit) mit Flecken (grünlich), aussen *Lutum*, oberflächlich stellenweise grün verglast. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.
- T516** Inv. 1963.10994B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmkruste, innen an der Wandung glasurartiger Belag (antrazit, uneben), aussen Lehmbelag. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T517** Inv. 1967.2197. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: dunkelgrau (verbrannt), fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: sekundär verbrannt. – *Angaben zum Fundort:* FK X06535; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5/9 («Taberna»). – *Befund:* brandig-lehmiger Bauschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 300.
- T518** Inv. 1969.1194. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen beige und Spritzer (braun), aussen partieller Glasurfleck (graubeige bis rot und gelb). – *Angaben zum Fundort:* FK A00518; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 51. – *Befund:* Grasnarbe, Humus (Kalkbruchsteine und Ziegelpartikel); Humusschicht fertig abgetragen. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 260.
- T519** Inv. 1978.11623C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dünner brauner Belag, aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.
- T520** Inv. 1978.9705. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: grau, verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen matt glänzender, rotbrauner Belag, mit Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T521** Inv. 1986.10529. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, sandig-mehlig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (beigebraun), aussen naturbelassen, Flecken (beige, grau); Bemerkungen: Furger / Deschler-Erb 1992, 328 (ohne Kat; Phase 20). – *Angaben zum Fundort:* FK C02040; Grabungsnummer: 1986.058; Grabungsname: Theater Kiosk-Neubau; Region 2A.
- T522** Inv. 1969.7104. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 90; Ton: dunkelgrau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dünn, z. T. glasig verschlackt (braun), innen am Rand Schlacke von aussen eingeflossen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A00257; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Fundsituation:* OK / UK 297,32–297,11 m ü. M. – *Befund:* Humus mit viel Kalksteinen (Insula 50, S-Strassengraben). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T523 Inv. 1967.25273. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS/WS, Dm. ca. 90; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen braungrau, aus *Lutum* (braun-stumpf, mit sehr kleinen Bläschen). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK X07781; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 49. – *Befund:* Abnehmen der Erdbrücke bis auf die Mauer 11. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T524 Inv. 1978.11623D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 92; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen rötlichbrauner Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T525 Inv. 1981.13902. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 92; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Flecken (dunkelgrau), innen an der Wandung Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T526 Inv. 1985.25973. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 92; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmablagerung in der Mündungsöffnung, innen an der Wandung dunkelgrau, aussen *Lutum* (am Rand dünn). – *Angaben zum Fundort:* FK C01549; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T527 Inv. 1982.9717A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. 93; Ton: grau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand graue Lehmreste, innen an der Wandung naturbelassen, aussen *Lutum* (endet 25 mm unter dem Rand). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelerkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B07920; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation:* OK/UK 297,62–291,00 m ü. M. – *Befund:* Pozzo. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.

T528* (Abb. 10; 82) Inv. 1978.2083. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, RS und 10 WS, Profil rekonstruierbar (knapp zur Hälfte erhalten), H. ca. 150, Dm. ca. 100; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1, 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross, RS; Oberfläche: innen Flecken (grau und gelblich), Spritzer auf 2/3 der Gefässhöhe, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelerkeramik: Tongruppe 1; *Lutum*: Tongruppe 2 (2 Messungen). Zwei Nachbrände (nicht auf Abb. 124) zeigten ein analoges Bild wie ein anderer Nachbrand von Tongruppe 1 (Abb. 124, **T574**). – *Metallspuren:* Cu⁺⁺⁺, Sn⁺, Zn⁺ (Tabelle 1). – *Grüne Innenwand:* Messing?; Cu⁺⁺, Zn⁺, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK B01694; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 20 bis ca. 150; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich ab 2. H. 2. Jh.

T529* Inv. 1964.231a.b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 103; Ton: hellgrau, etwas verbrannt (sandig); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen leicht verglast dünner Belag (graubeige), aussen *Lutum*; Bemerkungen: auf

der äusseren *Lutum*-Schicht einige Werkzeugeindrücke. – *Angaben zum Fundort:* FK X03054; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Streufunde. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T530 Inv. 1984.427. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 103; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand hellgraue Lehmsschicht, innen an der Wandung hellgrau, Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum* (dunkelgrau, matt, kaum verschlackt). – *Angaben zum Fundort:* FK C00509; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T531* Inv. 1978.24248. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. ca. 100; Ton: hellgrau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand dicker Lehmbeleg, von aussen über den Rand hineinlappend und 30 mm unter dem Rand ausdünnend, innen an der Wandung dunkelgrauer Belag mit Spritzer (dunkelgrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T532* (Abb. 92) Inv. 1963.9062. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: grau-beige verbrannt, sandig; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung kohlige schwarze Flecken, innen am Rand brauner Lehmüberzug von aussen, aussen an der Wandung brauner Lehmüberzug, nicht verschlackt, aber mit grauer Brandverfärbung. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (2 Messungen). – *Metallspuren:* Cu⁺⁺⁺ (2 Messungen), Zn⁺, Hg⁺ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00983; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 295,35–295,21 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 130; Bemerkung zur Datierung: Kochtopf 1. Jh., Schüssel 2. Jh.

T533* (Abb. 92; 102–104) Inv. 1978.22766. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 15 WS und 2 BS, Dm. 100; Ton: hellgrau (im Bruch hellbraun), fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung bläulichgrau (Abb. 103), im Bodenbereich dunkelgrau-grünlicher dünner Überzug: unten glatt und seitlich mit vertikalen Striemen eines Werkzeugs (s. Detailfoto Abb. 104), aussen *Lutum*, über den Rand nach innen verstrichen (s. Detailfotos); Bemerkungen: Die Striemen sind offenbar Spuren vom Wegkratzen der Messingschlacken nach einem Zementationsprozess. Die Striemen reichen unten nur bis zu einer gewissen Höhe und lassen den Boden frei; ein Regulus-Abruck im Tiegelboden ist allerdings nicht erkennbar. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren (am markanten dunkelgrünlichen Überzug innen [Abb. 93, weisser Kreis]): Cu⁺⁺, Zn⁺⁺⁺ (3 Messungen), Hg (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3, 10. – *Angaben zum Fundort:* FK B01781; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 125 bis ca. 175; Bemerkung zur Datierung: vage.

T534 Inv. 1963.6263a. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 100; Ton: beige sandig verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer und grau, aussen Tonüberzug (schwarz bis rötlich verfärbt), nur leicht verschlackt. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00773; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 295,57–295,13 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T535 (Abb. 13,B) Inv. 1982.6324. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und 3 WS, Dm. 100; Ton: grau verbrannt, grobsandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen Flecken (lehmig-braun), aussen *Lutum* (bis über den Rand); Bemerkungen: aussen im *Lutum* länglicher Werkzeugeindruck (Abb. 13,B). – *Angaben zum Fundort:* FK B07808; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 50 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 100 bis ca. 300; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T536 Inv. 1978.22766D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. ca. 100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer und glasige Flecken (gelblich durchscheinend und schwarz), aussen Reste eines verschlackten Überzugs; Bemerkungen: eine Bruchkante ist von Schlacke bedeckt, also ein beim Gebrauch entstandener Riss. – *Angaben zum Fundort:* FK B01781; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 125 bis ca. 175; Bemerkung zur Datierung: vage.

T537 Inv. 1959.9511. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen flächig verglast (farblos, wie eine Glasur), aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK V03088; Grabungsnummer: 1959.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation:* OK / UK 296,72–295,67 m ü. M. – *Befund:* Profil 76a über Schicht 1. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T538 Inv. 1960.2066A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: dunkelgrau (sekundär verbrannt), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen schwarz verbrannt. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T539 Inv. 1960.2066E. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmauflage, innen an der Wandung grau, aussen kohlige schwarze Flecken (Spuren einer Tonaufgabe?). – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T540 Inv. 1963.11945. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: hellgrau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrau mit grünem Fleck, aussen dunkelgrau mit Lehmspur (nicht verschlackt). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01345; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,56–295,43 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T541 Inv. 1975.6654. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum* (über den Rand verlaufend). – *Angaben zum Fundort:* FK A06451; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwall; Region 5G. – *Befund:* verkohlter Humus mit 5% Kalkbruchsteinen, etwas Ziegelfragmenten, braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 400; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: auch mittelalterliches Material.

T542 Inv. 1981.17422. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmflecken, innen an der Wandung Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T543 Inv. 1963.10994A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Reste einer Lehmauflage, innen an der Wandung grau, aussen Reste einer abgeplatzten *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T544 Inv. 2001.055.E01351.134. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 100; Ton: rotbraun, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (rotbraun); evtl. unbenutzt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik; Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK E01351; Grabungsnummer: 2001.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund:* dunkelbraunes, lehmig-humos-sandiges Sediment; zahlreiche, z.T. grosse Baukeramikfragmente, viele Knochenfragmente. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 180 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T545* (Abb. 86; 88–90) Inv. 1960.11467. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (z.T. grün, Abb. 93), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Pb+++ , Zn+++ , Ag++ , Au+ , As++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK V04369; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,55–294,94 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Tafel 19 («Normaltyp» gross)

T546* (Abb. 86) Inv. 1963.4726B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen verschlackter heterogener Belag (grau-anthrazit-beige), mit Spritzern (grün) und Schlacketrophen (grau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ , Sn+ , Pb; Zn+ (Tabelle 1). – Innenwand grün (Modus «Alloy»): Cu++ , Pb, Zn, Sn (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00720; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,71–295,05 m ü. M. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 230; Bemerkung zur Datierung: vage.

T547* (Abb. 90; 92) Inv. 1963.6437B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 7 WS; Ton: braungrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer gefleckter Belag, darauf grössere Bronzetropfen (rasch erstarrt) und beige Sinterflecken, aussen *Lutum* (schwarz glänzend). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+ , Zn+++ , Hg+ , MnO+ (Tabelle 1). – Zwei Bronzetropfen (Bohrproben): Zinn-Bleimesing: Tropfen 1: 66% Cu, 20% Pb, 7% Zn, 4% Sn; Tropfen 2: 59% Cu, 26% Pb, 5% Zn, 4% Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00754; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–295,56 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T548* (Abb. 92; 102) Inv. 1963.4791E. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS (zur Beprobung angesägt); Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1, 3?; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen hart verschlackte Kruste (schwarz), darunter grösserer Bronze(?) tropfen, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1; *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 3 (2 Messungen). – Metallspuren: Cu++, Zn+++, Hg+, MnO+ (Tabelle 1). – Metalltropfen (Modus «Alloy»): Zinn-Bleimessing (Tabelle 2); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3,3. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T549* (Abb. 28) Inv. 1978.7549. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: ganz (komplett als Ganzes erhalten), H. innen 144, H. aussen 155, Dm. 80 (mit *Lutum*-Schicht 98); Ton: Oberfläche rötlichhellgrau (Bruch nicht bestimmbar), am Rand ca. 40 mm hinunter antik eingerissen; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen viele Metallspritzer, aussen *Lutum*, hellgrau bis beige-grünlich, relativ glatt (anhaftender Lehmklumpen; s. Detailfoto), an den Rand laufend und oben abgestrichen (Abb. 28); Bemerkungen: im selben FK: Lehmgussform 1978.7555, Schleifstein 1978.7552. Vermerk zu 1978.7550–7551: «Tiegel in Amphore, ca. 10 Stück». – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+ (2 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,6. – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T550* Inv. 1967.8001A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grünlichblauer Belag und Spritzer (z. T. grün), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+ (2 Messungen), Hg (2 Messungen) (Tabelle 1). – Grüne Innenwand: Zn++, Cu (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK X06682; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2 / A3; Region 5G. – *Fundsituation:* OK / UK 296,44–296,00 m ü. M. – *Befund:* Sand vermischt mit feinem Lehm, Kies, Kalkbrocken, Ziegelschrotmörtel, viel Holzkohle; Asche, Ziegelpartikel, Steinsplitter, verbrannter Lehm, viel Eisenschlacke (völlig oxidiert) und Keramik «mit aussen glasartigem, hartem Überzug» (Schmelztiegel). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Tafel 20 («Normaltyp» gross)

T551* Inv. 1944.2943. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 95; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen naturbelassen; Bemerkungen: (Inv. 1944.2943 zum selben Tiegel gehörig). – *Angaben zum Fundort:* FK V00497; Grabungsnummer: 1944.052; Grabungsname: Neubau Lüscher; Insula 21. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T552* Inv. 1963.4791D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig, stark aber fein gemagert; Tongruppe 1, 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen bläulichgrau, Spritzer (Bronze), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1; *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1, 2 Messungen); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3,5. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T553* Inv. 1986.10978. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: in-

nen naturbelassen (grau), aussen *Lutum*; *Literatur:* Furger / Deschler-Erb 1992, 316 Kat. 19/129 (Phase 19) Taf. 78,19/129. – *Angaben zum Fundort:* FK C02041; Grabungsnummer: 1986.058; Grabungsname: Theater Kiosk-Neubau; Region 2A. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: nur datierende Einzelstücke.

T554* Inv. 1978.24281. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 1 WS, Dm. ca. 110; Ton: hellgrau, weich verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand gelblichbraun, Reste von Lehmauflage, innen an der Wandung rötlichgrau, aussen *Lutum*, bis über den Rand verlaufend. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T555 Inv. 1985.65275. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und 3 WS, Dm. ca. 110; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand hineingelaufene Schlacke, innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C01735; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T556 Inv. 1963.11802. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 110; Ton: hellbraun, sandig (verbrannt?); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung und aussen an der Wandung braune bis beige Benutzungsspuren. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01280; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 294,68–294,02 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 70; Bemerkung zur Datierung: vage.

T557 Inv. 1976.9611. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 110; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen dünner braunbeiger Schleier. – *Angaben zum Fundort:* FK A07631; Grabungsnummer: 1976.055; Grabungsname: Forum Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund:* Sondiergraben A. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage, nur 2 RS.

T558 Inv. 1978.8757. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 110; Ton: graubraun verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen Flecken (dunkelgrau). – *Angaben zum Fundort:* FK B01625; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,66–295,34 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 20 bis ca. 160; Bemerkung zur Datierung: vage.

T559 Inv. 1982.23891. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 110; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (rötlich und gelblich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B08339; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 170 bis ca. 230; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte.

T560 Inv. 1978.24221. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 110; Ton: völlig verbrannt (rotbraun, weich, porös); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen braun bis rotgrau, verwittert, aussen braun bis grau, porös (keine originalen Oberflächen erhalten). – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T561 Inv. 1963.11587. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 115; Ton: graubraun verbrannt, sandig; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (grau, braun), aussen am Rand Reste einer *Lutum*-Schicht (braun, kaum verschlackt), aussen an der Wandung abgeplatzt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01167; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK/UK 295,52–294,75 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200.

T562 Inv. 1963.6703. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 115; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen braun, stellenweise grüne Kruste, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00717; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T563* Inv. 1978.7550A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, WS; Ton: grau, im unteren Gefässteil in graurot übergehend, stark quarzgemagert; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (braun, grünlich und beige), aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen mehrere undefinierbare grosse Abdrücke. – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T564* Inv. 1963.14182. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 WS, Innen-Durchmesser 110 mm; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen braungrau, Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: durch einen antiken Haarriss ist Bronze ausgelaufen, ist nach aussen durch die *Lutum*-Schicht gedrungen und hat oberflächlich einen grossen Tropfen gebildet (s. Detailfoto; Durchmesser 7 mm). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+++ (2 Messungen), Sn, Pb, Zn++, Au, Hg (Tabelle 1). – Bronzetropfen aussen (Bohrspäne): Zinn-Bleimessing: 71% Cu, 17% Pb, 6% Sn, 5% Zn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T565 Inv. 2005.054.F00111.107. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braun verbrannt, im Bruch schwarz, mit grober Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen verbrannt; aussen schwarze Schlackenschicht oder zweite, mit Schlacke verklebte *Lutum*-Schicht (Magerung!). – *Angaben zum Fundort:* FK F00111; Grabungsnummer: 2005.054; Grabungsname: Insula 27. – *Befund:* dunkelgraue Schicht mit Fein- und Mittelkies; viele Holzkohlestückchen; etwas grünliches Latrinsediment. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 20 bis ca. 40; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: 110–115 ausgeschlämmt aus Probe 1.

Tafel 21 («Normaltyp» gross)

T566* Inv. 1962.10608. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Aussen-Dm. 124, erhaltene Gesamthöhe inkl. Ziegelstück 159 mm; Ton: hellgrau; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung Flecken, innen am Boden wenige Bronzespritzer (s. Detailfoto), aussen dickes *Lutum*, flächig verglast; Bemerkungen: unten grosser Werkzeugabdruck (27 × 8 mm; Abb. 13,A) und *Lutum*-Wulst (s. Detailfoto); an der Unterseite ist ein völlig (hellgrau) verschlacktes Ziegelstück am *Lutum* angebacken (s. Detailfoto) und ist stellenweise von dieser heruntergetropft (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK X02205; Gra-

bungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: wenig Material.

T567* Inv. 1969.13810C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 5 WS, 1 BS, Dm. 95; Ton: hellgrau, verbrannt und stellenweise deformiert, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig (3–4 mm), Rand innen verdickt, Boden rund; Oberfläche: innen am Rand hineingelaufene Schlacketropfen, innen glasurartiger Belag (dunkelrot bis grünlich-anthrazit), innen am Boden Spritzer (grün), aussen *Lutum*; Bemerkungen: 4–5 cm unter dem Rand ist der Tiegel – wohl von der Tiegelflange – eingedrückt; aussen Abdruck in der *Lutum*-Schicht (s. Detailfoto), innen ist ein kleines Wandbruchstück weggebrochen, aber im (weichen) *Lutum* stecken geblieben (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+, Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T568* (Abb. 59) Inv. 1963.1033. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS (ein zweites RS verschollen), Dm. 105; Ton: beige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK X02405; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* braungraue lehmige Schicht. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T569 Inv. 1960.7165. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 105; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*, sehr blasig, wenig über den Rand nach innen überlaufen. – *Angaben zum Fundort:* FK V04252; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T570 Inv. 1963.7377. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 105; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand Lehmüberzug (grau), aussen an der Wandung naturbelassen (hellgrau). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00708; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T571 Inv. 1975.3863. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 105; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau, aussen Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK A05729; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 4. – *Fundsituation:* OK/UK 296,67–296,21 m ü. M. – *Befund:* humos-toniges Material, allgemein verkohlt mit Kalkbruchsteinen und Ziegeln, braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210.

T572 Inv. 1978.24218. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 105; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T573 Inv. 1983.33534. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 105; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (graubraun), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00364; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 275.

T574* (Abb. 124) Inv. 1975.5263. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 118; Ton: graubeige, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (graubraun), aussen *Lutum* (dünn, mattgrau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1, siehe Nachbrände Abb. 124. – *Metallspuren:* Zn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A08879; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 100.

T575 Inv. 1963.261b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 120; Ton: hellgrau, fein, weich (verbrannt?); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand hellgrauer Belag, aussen an der Wandung weicher brauner Überzug(?). – *Angaben zum Fundort:* FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T576 Inv. 1984.529. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 120; Ton: hellgrau, im Bruch bläulichhellgrau, sandig (verbrannt); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen und auf dem Rand Spuren eines Belags (beige bis braun). – *Angaben zum Fundort:* FK C00509; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 190 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T577 Inv. 1985.32533. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 120; Ton: dunkelgrau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt (Rand z.T. weggebrannt); Oberfläche: innen grau, Spritzer, aussen am Rand dicke Schlacketrophen (braun, beige, hellgrün). – *Angaben zum Fundort:* FK C01565; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 275.

T578 Inv. 1985.34056T. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 120; Ton: dunkelgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, Flecken (grau, schwarz). – *Angaben zum Fundort:* FK C01574; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 300.

Tafel 22 («Normaltyp» gross)

T579* (Abb. 8; 102) Inv. 1967.3543. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, Innendurchmesser 120; Ton: hellgrau, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen oben grosse braune Schlackenaufgaben und grüne Metallspritzer, darunter ab einer horizontalen Trennlinie ockerfarbene Tonoberfläche (s. Detailfoto), aussen *Lutum*; Bemerkungen: die Spuren im Innern sind der Abdruck eines grossen Regulus von ca. 55 mm Höhe und 120 mm Durchmesser (entspricht ca. 3400 g Gusspeise!), über dem etwas Schlacke am Tiegelfrand erstarrt ist. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – *Metallspuren:* Cu++, Sn, Pb+, Zn+++ (2 Messungen), MnO (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort:* FK X06681; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Region 5G. – *Befund:* Kies, umgeben von heterogenem Material, Sand, feinem Lehm, Holzkohle- und Ziegelpartikeln. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 160.

T580* (Abb. 28; 51; 102) Inv. 1975.6170. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 100; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normal-

typ» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen mit Flecken (grau), aussen *Lutum*, am Rand besonders dick (20 mm) und auf Randhöhe horizontal bündig abgestrichen (s. Detailfoto und tomographische Querschnitte Abb. 51); Bemerkungen: die *Lutum*-Oberfläche ist zwar sehr porös, aber klar abgearbeitet und zeigt keine Bruchstruktur eines «angeklebten» Deckels oder dergleichen. Vermutlich zum selben Tiegel wie Inv. 1975.3898 gehörig. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+++, Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A06449; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwall; Region 5. – *Befund:* Humus, stark verkohlt mit 10% Kalkbruchsteinen, 5% Ziegelfragmenten (Brandschicht), braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 210 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: wenige frühe Fragmente.

T581* Inv. 1975.3898. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelfboden; Ton: rötlich-beige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund, dickwandig; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (braun bis grau mit grünen kleinen Spritzern auf der Oberfläche), in Tiegelmitte 19 mm dick (s. Detailfoto), aussen Flecken (grau, rötlich und grün) und Reste einer *Lutum*-Schicht; Bemerkungen: vermutlich zum selben Tiegel wie Inv. 1975.6170 gehörig. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1. – *Metallspuren:* Zn+, Hg (2 Messungen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A05729; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwall; Region 4. – *Befund:* humos-toniges Material, allgemein verkohlt mit Kalkbruchsteinen und Ziegeln, braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210.

T582* (Abb. 66; 92; 102) Inv. 1913.453. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelfboden; Ton: hellbraun–hellgrau, fein; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz, aussen am Boden *Lutum*; Bemerkungen: starke Hitze führte zu starken Abplatzungen von Ton und *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 2. – *Metallspuren:* Cu++ (2 Messungen), Zn+++ (2 Messungen), Hg+ (2 Messungen), MnO+ (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2 Tab. 6-3. – *Angaben zum Fundort:* FK V07599; Grabungsnummer: 1913.051; Grabungsname: Kiesgrube Kastelen; Insula 4.

T583* (Abb. 103) Inv. 1985.25972. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ursprünglich 130; Ton: grau, mit deutlicher Quarzkörnermagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung naturbelassen, jedoch mit bläulichem Farbstich (Abb. 103), innen am Rand etwas hineingestrichene *Lutum*-Masse (s. Detailfoto), aussen *Lutum*, offenbar in zwei Chargen aufgetragen; Bemerkungen: eine grünlichgraue *Lutum*-Schicht reicht bis zur ehemaligen Mündung; darauf aufgebaut (nicht auf der Scheibel!) ist eine graubeige gefleckte zweite *Lutum*-Schicht (Abb. 103), mit der die Tiegelmündung um 28 mm aufgestockt wurde. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn++ (2 Messungen), Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C01549; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T584 Inv. 1982.11293. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS, Dm. ca. 130; Ton: graubeige verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, partiell dünner Schlackenbelag mit kleinen grünen Flecken, aussen am Rand naturbelassen, aussen an der Wandung *Lutum*, innen im Mündungsbereich Lehmwulst. – *Angaben zum Fundort:* FK B07957; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: mehrere Altstücke, vor allem 1. Jh.

T585 Inv. 1978.22028. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 135; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dünner dunkelbrauner Belag, aussen Flecken (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK B01609; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

Tafel 23 («Normaltyp» gross)

T586* Inv. 1962.4866. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 126; Ton: graubeige, sandig; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen hellbraune Lehmflecken (offenbar gebrannt; s. Detailfoto); Bemerkungen: knapp fingerbreite kleine Delle oben auf dem Rand (kein Ausguss, eher Produktionsfehler). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK X01871; Grabungsnummer: 1962.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation:* OK / UK 295,85–295,28 m ü. M. – *Befund:* Grube. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 220; Datierungsqualität: wenig Material.

T587* Inv. 1963.7435. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: beige, sandig; Tongruppe 1, 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen beige, aussen brauner Lehmüberzug (s. Detailfoto), nicht verschlackt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1; *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1, 2 Messungen). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00728; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,25–294,83 m ü. M. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T588 Inv. 1963.6437. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, Dm. 95; Ton: grau, fein (leicht verbrannt); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum* (dunkelgrau, dünn resp. wenig aufgebläht); *Literatur:* nicht in Imdas. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00754; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–295,56 m ü. M. – *Befund:* Schichtengrabung. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T589 (Abb. 103) Inv. 1964.3906. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: hellgrau, im Bruch grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau-bläulichbeige gefleckt (Abb. 103), aussen naturbelassen (grau). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01648; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,66–295,49 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T590 Inv. 1978.24222. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: grau, stark quarzgemagert; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (braungrau), aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T591 Inv. 1983.24632. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dickwandig, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen braungrau, aussen *Lutum* (braun, matt). – *Angaben zum Fundort:* FK C00020; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T592* Inv. 1963.11987. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau, innen am Rand Lehmauflage (s. Detailfoto), aussen dunkelgrau. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01340; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,80–295,56 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.

T593* Inv. 1963.8800. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 90; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrau, innen am Rand braune Tonaufgabe (nach unten abgebrochen; s. Detailfoto), aussen grau durch Gebrauch (ohne *Lutum*), am Rand ebenfalls etwas brauner Ton haftend (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00994; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,16–294,88 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T594* Inv. 1960.2066N. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, innen am Boden anhaftende Lehm- oder Schlackeklumpen (s. Detailfoto; Oberfläche schwarz), aussen *Lutum* (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T595* (Abb. 87) Inv. 1981.14476. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, porös und völlig verbrannt; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (grünlich), darauf dünne schwarze Schlackeschicht, aussen *Lutum* (grau verbacken, nicht glasig). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 2. – *Metallspuren:* Cu+, Sn++, Pb+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation:* OK / UK 297,90–297,01 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert, Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T596* Inv. 1960.9447b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelfboden; Ton: dunkelgrau, porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen blasig aufgequollen und schwarz verbrannt (s. Detailfoto), aussen *Lutum*; *Literatur:* Steiger u. a. 1977, 59 (erwähnt unter Inv. 1960.9448, zusammen mit T282). – *Angaben zum Fundort:* FK V04453; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 40 bis ca. 110; Bemerkung zur Datierung: zusammen mit V04448.

T597* Inv. 1966.8314. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS, Innendurchmesser 100; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum* (im oberen Teil kleine aufgeplatzte Blasen, unten uneben; s. Detailfoto); *Literatur:* Schatzmann 2013, 274 Taf. 15, 225. – *Angaben zum Fundort:* FK X06809; Grabungsnummer: 1966.053; Grabungsname: Neubau Olloz; Insula 20. – *Befund:* stellenweise aschiger, aber auch mörteliger Schutt: Ziegel- und Kalksteine. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T598* (Abb. 13,L) Inv. 1964.3858. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer, matt glänzender Überzug, aussen *Lutum* (fast schwarz mit dunkelroten Flecken; s. Detailfoto); Bemerkungen: im *Lutum* kleiner hufeisenförmiger Nadeleinstich (2,5 × 2,2 mm; Abb. 13,L). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01544; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T599* (Abb. 13,H) Inv. 1964.1206. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (braun), aussen *Lutum*; Bemerkungen: in der verschlackten Schicht dreieckiger Abdruck, an der Basis rostrot verfärbt (16×12mm; von Eisengerät; Abb. 13,H). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01509; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T600* Inv. 1965.7940. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS, Innendurchmesser 120; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz, innen jedoch etwas abgeflacht; Oberfläche: innen Flecken (ocker, grau), aussen *Lutum* (an der Wand glatt, unten uneben (Tropfen, Abrücke; s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK X05421; Grabungsnummer: 1965.056; Grabungsname: Neubau Dubler; Insula 15. – *Befund:* Schutt über Schutt: Kalkstein, Ziegel, locker. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T601 Inv. 1981.14835. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glaserartiger Belag (grünlichbeige-dunkelgrau gefleckt), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07610; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T602* Inv. 1962.10305. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten viele Werkzeugeindrücke (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK X01981; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Oberflächenschutt, humos. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: Gebeine 1963.14495.

T603* Inv. 1974.3002. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS resp. Bodensatz, Dm. Innen ca. 120; Ton: lehmig-feinsandige Masse, porös; Tiegelform: von einem grossen Tiegel mit verrundetem Boden; Oberfläche: innen braungrau und uneben, aussen glatter Abdruck der Tiegellinnenseite (braungrau); Bemerkungen: es handelt sich um keinen Regulus oder Schmelzrest, eher um eine ca. 10mm dicke Tonschicht, die innen am Tiegel angebracht worden und später abgeplatzt ist. – *Angaben zum Fundort:* FK A05277; Grabungsnummer: 1974.012; Grabungsname: Kastell, Neubau Kindergarten; Region 20W. – *Fundsituation:* OK / UK 266,30m ü. M.–265,80m ü. M. – *Befund:* dunkelbrauner Humus mit grossen Kalkquadern vermischt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 300 bis ca. 400; Bemerkung zur Datierung: Mitfunde: 1 Imitation Æ4 um 330–340 sowie einige mittelalterliche Fragmente.

T604 Inv. 1963.14183. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 RS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen fleckig (ockerbeige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T605 Inv. 1963.10310 (oder 1963.1031?). *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum* (mit roten Flecken). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01208; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,85–295,66m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T606 Inv. 1963.10994E. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen grau, aussen *Lutum* (Rest). – *Angaben zum Fundort:* FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,88–295,55m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T607 Inv. 1978.8844. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: graubeige, fein; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen braun, aussen *Lutum* (tonig-braun bis grau, matt, dünn). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T608 Inv. 1978.24282. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellbraun (im Bruch rötlich), fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen (rötlichbeige), aussen naturbelassen (beige). – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T609 Inv. 1978.11623B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: braungrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand brauner Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–294,87m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T610 Inv. 1983.36242. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (beige), aussen Flecken (grau) und Spuren einer *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort:* FK C00401; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T611 Inv. 1981.14317. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (rötlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1.Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T612 Inv. 2003.006.E05608.486. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS (Dm. nicht bestimmbar); Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (schwarz); aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort:* FK E05608; Grabungsnummer: 2003.006; Grabungsname: Schürmatt 2. Etappe, Friedhofstrasse; Region 18D. – *Befund:* Grube G10 (Südteil). – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 120 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T613 Inv. 2002.055.E01587.201. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS (Durchmesser nicht bestimmbar); Ton: hellrötlich-beige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen (ungebraucht?). – *Angaben zum Fundort:* FK E01587; Grabungsnummer: 2002.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund:* Humusschicht und modern gestörte Schuttschichten. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 100 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

- T614** Inv. 1975.6171. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (beige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A06449; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5. – *Befund:* Humus, stark verkohlt mit 10% Kalkbruchsteinen, 5% Ziegelfragmenten (Brandschicht), braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 210 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: wenige frühe Fragmente.
- T615** Inv. 2009.063.F06713.4. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS und WS; Ton: beige-grau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, innen an der Wandung dünner schlackiger Belag (anthrazit) mit Bronzetropfchen; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK F06713; Grabungsnummer: 2009.063; Grabungsname: Parkplatz bei Swisscom; Region 5G. – *Befund:* Sondierung; Abtragen des flächig ausgebreiteten Mauerversturzes über Ziegelplatten (Ziegelversturz?). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T616** Inv. 1995.060.D02755.18. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: braungrau, mit weisser Magerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Bodenunterseite unsauber verputzt (spiralförmig abgedreht); Oberfläche: innen Flecken (schwarz), schlackiger Bodensatz (braungrau); aussen naturbelassen (keine Spur von *Lutum*). – *Angaben zum Fundort:* FK D02755; Grabungsnummer: 1995.060; Grabungsname: Elektro-Leitung Steinler; Insula 19. – *Befund:* Ziegelversturz mit dunkelgrauem siltigen Material. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 280; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T617** Inv. 1960.2066H. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen viele Bronzespritzer, innen am Boden anthrazitgrüner Bronzeschlacken-Bodensatz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T618** Inv. 1960.2066J. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen anthrazit, innen am Boden Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T619** Inv. 1960.2066K. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dunkelgrau, glasurartiger Belag (dunkel-grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T620** Inv. 1960.2066O. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 BS, 2 WS; Ton: dunkelgrau verbrannt, hart; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen schwarz, innen am Boden Spritzer (schwarz bis dunkelgrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T621** Inv. 1963.4726A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, RS; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00720; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,71–295,05 m ü. M. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 230; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T622** Inv. 1963.6269b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: braun verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen flächig und in Spritzern verschlackt (graubraun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00773; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schichtengrabung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T623** Inv. 1963.4791B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dünner Belag (anthrazit), schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T624** Inv. 1964.831. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, WS; Ton: braun, porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen dunkelgrau, schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01443; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T625** Inv. 1964.3733. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y01547; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T626** Inv. 1978.24293. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden körniger Belag mit Tropfchenstruktur (anthrazit), aussen *Lutum*; Bemerkungen: unten einige grössere, aber unförmige Eindrücke. – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.
- T627** Inv. 1978.8796. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01625; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 20 bis ca. 160; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T628** (Abb. 13,D) Inv. 1978.17032. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen dünner sinterartiger graugrüner Belag, aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen z.T. tiefe Eindrücke verschiedener Werkzeuge im *Lutum* (Beispiel Abb. 13,D). – *Angaben zum Fundort:* FK B01633; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 100 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: evtl. 1 Fragment.
- T629** Inv. 1978.17581. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer, schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,66–295,07 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

- T630** Inv. 1978.24224. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 BS, 2 WS; Ton: grau, fein, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.
- T631** Inv. 1983.29817. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau, mit feiner Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (ockerbeige), ein kleiner Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00266; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T632** Inv. 1983.37480. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Tonoberfläche unten im Boden alt ausgebrochen; Oberfläche: innen an der Wandung naturbelassen (braunbeige), innen am Boden in der unebenen Tonoberfläche hängengebliebener Bronzerest. – *Angaben zum Fundort:* FK C00408; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* östliche Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T633** Inv. 1984.2468. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und 3 WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen Flecken (beige-grau) und Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00521; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T634** Inv. 1984.10207. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen dünner beiger Belag, wenige Bronzespritzer, aussen *Lutum* (weich, beige bis graubraun, abblättern). – *Angaben zum Fundort:* FK C00782; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T635** Inv. 1978.23829. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: grau verbrannt (im Bruch braun), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen dünner grauer bis brauner Film, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B02201; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 90 bis ca. 275; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: hauptsächlich 3. Viertel 3. Jh; 1 Fragment Mittelalter.
- T636** Inv. 1981.17738. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: grau-beige verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen Flecken (braun), aussen naturbelassen, mit hellen Spritzer-Einsprengeln. – *Angaben zum Fundort:* FK B07644; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 150.
- T637** Inv. 1982.9717B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen am Boden Spritzer (Bronze), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+, Sn, Zn++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B07920; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation:* OK / UK 297,62–291,00 m ü. M. – *Befund:* Pozzo. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.
- T638** Inv. 1997.060.D05502.43. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden eiförmig-spitz; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (anthrazit); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK D05502; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund:* Reinigung um Säulenfragmente. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: auch Neuzeit.
- T639** Inv. 1991.051.C08665.50. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS/BS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz, Spritzer (grün, beige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C08665; Grabungsnummer: 1991.051; Grabungsname: Kastelen; Insulae 1/2. – *Befund:* ganze Fläche reinigen. – *Fundkomplexdatierung:* nicht datierbar.
- T640** Inv. 1992.051.D00728.333. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, 3 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (schwarz), Spritzer; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK D00728; Grabungsnummer: 1992.051; Grabungsname: Kastelen; Insulae 1/2. – *Befund:* dunkelbraunes lehmiges Material mit Kalkbruchsteinen und Ziegelstücken, mindestens zwei Planieschichten durchschlagen. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 30 bis ca. 150; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T641** Inv. 1969.13810. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, grösster Wanddurchmesser 110 mm; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig (3 mm), Boden rund; Oberfläche: innen naturbelassen, innen am Boden wenige grüne Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen in der Gefässmitte feine Drehrillen (umlaufende Kratzer). – *Angaben zum Fundort:* FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:* Amphorenschicht (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T642** Inv. 2001.067.E06052.75. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS; Ton: anthrazit (verbrannt?); Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen Flecken (grau), jedoch keine eindeutigen Metall- oder Schlackenspuren. – *Angaben zum Fundort:* FK E06052; Grabungsnummer: 2001.067; Grabungsname: Kabelgraben Schulstrasse; Region 2E. – *Befund:* Streufunde von maschinell Aushub. – *Fundkomplexdatierung:* Datierungsqualität: nicht datierbar; Bemerkung zur Datierung: Streufunde.
- T643** Inv. 1975.5845. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden rund; Oberfläche: innen graubrauner Bodensatz (matt), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A06160; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T644** Inv. 1959.69. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung braun (oxidierend gebrannt oder Überzug), aussen an der Wandung *Lutum*; Bemerkungen: zwei Teile von Werkzeugabdrücken (Rest weggebrochen). – *Angaben zum Fundort:* FK U00279; Grabungsnummer: 1959.090; Grabungsname: Streufunde (U-Fundkomplexe); Insula/Region: Altfund «Augst». – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T645** Inv. 2003.051.E07492.30. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: anthrazit, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK E07492; Grabungsnummer: 2003.051; Grabungsname:

Wasserleitung Giebenacherstrasse; Insula 11. – *Befund*: Reinigung nach Baggerabtrag. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T646 Inv. 1996.061.D05015.265. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D05015; Grabungsnummer: 1996.061; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund*: humoses Sediment, bräunlich mit mittelgrossen Ziegel- und Kalksteinfragmenten und Kieseln, knochenreich im unteren Bereich des Abtrags. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 180 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T647 Inv. 1996.061.D05021.104. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braungrau verbrannt, sandig; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» gross, relativ schmale Form (Innendurchm. 90 mm); Oberfläche: innen dünner schwarzer Belag, darüber dünne Schlackenschicht (graubraun-grünlich); aussen *Lutum*, goldglimmerartig glänzend (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1). – Goldfarbener Fleck auf *Lutum*: Cu, keine Edelmetalle (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK D05021; Grabungsnummer: 1996.061; Grabungsname: Schmid; Insula 17. – *Befund*: dunkles, braunschwarzes feinteiliges Sediment mit Kalksplintern, stark durchsetzt mit Funden. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 180 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T648 Inv. 1963.1330. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum* (partiell, dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK W02461; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: Strassengraben und Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 210.

T649 Inv. 1963.14184. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 6 WS; Ton: braungrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkel rötlichbraun, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: braunlehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T650 Inv. 1963.14185. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: schwarz verbrannt, rissig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig (um 4 mm); Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T651 Inv. 1963.14186. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (ocker), aussen Reste einer abgeplatzten *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort*: FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T652 Inv. 1963.14187. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 6 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum* (z. T. abgeplatzt). – *Angaben zum Fundort*: FK X02297; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*:

braune lehmige Schicht mit Schutt. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 70 bis ca. 90; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T653 Inv. 1995.060.D02746.32. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: schwarz und porös verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz (matt, porös); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D02746; Grabungsnummer: 1995.060; Grabungsname: Elektro-Leitung Steinler; Insula 19. – *Befund*: grauer siltiger Kies. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T654 Inv. 1995.060.D02856.10. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, mit weissen Magerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (ockerbeige, anthrazit), aussen naturbelassen, Schlackenleck. – *Angaben zum Fundort*: FK D02856; Grabungsnummer: 1995.060; Grabungsname: Elektro-Leitung Steinler; Insula 19. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T655 Inv. 1988.051.C04875.379. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (braun, ocker), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C04875; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vöglin; Insula 22. – *Befund*: gemischtes Material, kiesig-sandig-humos mit Ziegelstücken, Bruchsteinen und -splintern, Kieselbollen; dunkelbraun-beige. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T656 Inv. 2004.054.E09313.375. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen beige-grau versintert; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E09313; Grabungsnummer: 2004.054; Grabungsname: Insula 27. – *Befund*: gräulicher Lehm, stark sandig, dunkelgrau, inhomogen mit gelblichen Mörtelflecken, vereinzelt Kiesel, Keramikfragmenten, Knochenresten, Holzkohlesplintern, Ziegelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 40 bis ca. 70; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T657 Inv. 2005.054.F00318.532. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau verbrannt, stark gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen versintert; aussen *Lutum*, darin kleines Bronzetröpfchen. – *Angaben zum Fundort*: FK F00318; Grabungsnummer: 2005.054; Grabungsname: Insula 27. – *Befund*: grobsandiges, dunkelgraues Sediment, teilweise auch leicht gelblich mit relativ viel Mittel- und Feinkies. Dieser ist regelmässig verteilt. Einige kleinere Kalkbruchsteine und Ziegelstücke, viele Holzkohlepartikel. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 40 bis ca. 70; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T658 Inv. 1979.17138. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (rostbraun und grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B03497; Grabungsnummer: 1979.054; Grabungsname: Falk; Insula 29. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T659 Inv. 1959.4530. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, Ton dunkelgrau reduziert, aussen an der Wandung *Lutum* (hellgrau); *Literatur*: Furger 1998A, 136. – *Angaben zum Fundort*: FK V02651; Grabungsnummer: 1959.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 300; Datierungsqualität: Keramik uneinheitlich, vermischt, Münzen und Fundhöhe weisen ins 3. Jh.

- T660** Inv. 1960.2066M. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: schwarz verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, Spritzer (dunkelgrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T661** Inv. 1960.2066P. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: dunkelgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, Spritzer (schwarz), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T662** Inv. 1960.2066Q. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T663** Inv. 1960.2066T. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T664** Inv. 1960.2066V. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grau, Spritzer (dunkelgrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T665** Inv. 1960.2066W. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T666** Inv. 1960.8021. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung dunkelgrüne bis schwarze Schlackenschicht, blasig aufgequollen, mit anhaftendem kleinem Kalkkiesel, aussen an der Wandung *Lutum* mit deutlichen Tropfen. – *Angaben zum Fundort:* FK V04353; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schmelzgrube (nach Profil C-D von Osten gesehen). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert, da keine Gesschirrkemik, sondern nur Metallfunde und Erdproben im FK.
- T667** Inv. 1961.5435. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X00346; Grabungsnummer: 1961.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 294,00–293,50 m ü. M. – *Befund:* Mosaikboden. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T668** Inv. 1962.4718A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen Abdruck eines geraden, 22 mm breiten Stabes. – *Angaben zum Fundort:* FK X01956; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schutt, z.T. Füllung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T669** Inv. 1962.14503. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (ockergelb, braun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02201; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 296,15–295,76 m ü. M. – *Befund:* Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 280.
- T670** (Abb. 13,A) Inv. 1962.10608A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02205; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 296,12–295,75 m ü. M. – *Befund:* Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: wenig Material.
- T671** Inv. 1962.10608B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: abgefallenes Stück des *Lutum*; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02205; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 296,12–295,75 m ü. M. – *Befund:* Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: wenig Material.
- T672** Inv. 1962.10608C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X02205; Grabungsnummer: 1962.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 296,12–295,75 m ü. M. – *Befund:* Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: wenig Material.
- T673** (Abb. 82) Inv. 1963.4726. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1, 3?; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aber bläulichgrau (Abb. 103), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 1; *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 3 (Tabelle 1, 2 Messungen); *Literatur:* König 2014, 63 ff. Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00720; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 230; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T674** Inv. 1963.4527. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen bläulichgrau, darauf grosse Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00742; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 294,71–294,26 m ü. M. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T675** Inv. 1963.6437C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, bräunlich verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK Y00754; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,65–295,56 m ü. M. – *Befund:* Schichtengrabung. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.
- T676** Inv. 1963.6150. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen braungrau mit kleinsten Spritzern, aussen *Lutum* (hellgrau, mit grünen und roten Flecken). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00756;

Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31.
– *Befund*: Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T677 Inv. 1963.6269. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 8 WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung dunkelgrau bis beige gefleckt, Spritzer, aussen an der Wandung *Lutum* (fast schwarz). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00773; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Schichtengrabung. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T678 Inv. 1963.4791A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung grau, schlackiger Bodensatz (grau, z. T. grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T679 Inv. 1963.4791C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig (3,5 mm); Oberfläche: innen Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T680 Inv. 1963.4791F. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, Spritzer (schwarz), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu⁺⁺⁺, Sn⁺, Zn⁺⁺⁺, Au, Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T681 Inv. 1963.4791G. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig (3,5 mm); Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00835; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T682 Inv. 1963.6255B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (grau und grünlich), aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen auf der *Lutum*-Schicht Abdrücke (2x mit Riffelstruktur von Holzkohle?, 1x Werkzeug). – *Angaben zum Fundort*: FK Y00882; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 296,46–296,08 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T683 Inv. 1963.11425a. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schlackig-poröse Schicht, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01216; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material.

T684 Inv. 1963.10994K. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 11 WS; Ton: grau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, darauf körnige Ablagerungen (Sandsplitter), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T685 Inv. 1963.10994L. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glatter dunkelgrauer Belag, darauf kleinste Bronzetröpfchen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01244; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

tuation: OK / UK 295,88–295,55 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 225 bis ca. 275; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T686 Inv. 1964.10128A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau (ausen im Bruch z. T. schwarz), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen bläulichgrau, Spritzer (grünlichgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X03770; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,54–295,48 m ü. M. – *Befund*: mörteliger Lehm, ocker. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente früher.

T687 Inv. 1964.3658. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken, dünne dunkle Schlackenspritzer, aussen *Lutum* (dick). – *Angaben zum Fundort*: FK Y01552; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 130.

T688 Inv. 1977.9450. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, mit vielen groben Quarzkörnern; Tongruppe 3?, 4?; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau bis rötlichbraun), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik und *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 3; innere Engobe: wahrscheinlich Tongruppe 4 (3 Messungen). – Metallspuren: Cu⁺⁺ (Tabelle 1); *Literatur*: Rütli 1991, 152 Anm. 160 (ohne Abb.); König 2014, 63 ff. Tab. 6-1; 6-2-1 und 6-3; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3,9. – *Angaben zum Fundort*: FK B00246; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,15–294,12 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 130.

T689 Inv. 1978.24294. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrau, darauf sandiger bis tröpfchenförmiger Belag (grünlichgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T690 Inv. 1978.24296. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau bis dunkelbraun, wenig weisse Magerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen Flecken (schwarz, von abgeplatzter *Lutum*-Schicht?). – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T691 Inv. 1978.24300. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 5 WS (Sammelnummer); Ton: hellgrau; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen meist dunkel, mit Spritzern (z. T. grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T692 Inv. 1978.8847. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen Flecken (braungrau), aussen *Lutum* (dunkelgrau-matt, dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T693 Inv. 1978.10183. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*:

FK B01612; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage, unsicher.

T694 Inv. 1978.10183A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, etwas porös (keine Magerungskörner erkennbar); Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz verbrannt, aussen *Lutum* (gut haftend, schwarz). – *Angaben zum Fundort*: FK B01612; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,66–295,24 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage, unsicher.

T695 Inv. 1978.11623F. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig (3–4 mm); Oberfläche: innen Flecken (ockergrau), aussen schwarz (vermutlich von abgeplatzter *Lutum*-Schicht). – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T696 Inv. 1978.11623G. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T697 Inv. 1978.11623H. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, fein, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrau, Spritzer (dunkelgrün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T698 Inv. 1978.11623I. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarzer unebener Belag mit Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01613; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,65–294,87 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 170.

T699 Inv. 1978.20409. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 8 WS; Ton: hellgrau (im Bruch dunkelgrau), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen bläulichgrau bis braun, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01666; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 150; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T700 Inv. 1978.17579. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen bläulichgrau, aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen mit Werkzeugeinstichen im *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,66–295,07 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

T701 Inv. 1978.17580. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grauer Belag, aussen *Lutum*; Bemerkungen: mit mehreren Werkzeugeinstichen aussen im *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebena-

cherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,66–295,07 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

T702 Inv. 1978.17584. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz verbrannt (im Bruch blasig); Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

T703 Inv. 1978.9705A. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, wenige kleine Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T704 Inv. 1978.9705B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dichter dunkelgrauer Belag, blasig, mit integrierten Bronzetropfchen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T705 Inv. 1978.9705E. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T706 Inv. 1978.9705F. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: aussen gerillter Abstrich von Holz oder Werkzeug im *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T707 Inv. 1978.9705H. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01770; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,60–295,25 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T708 Inv. 1978.24254. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, weich verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dicker blasiger Belag mit Steinchen, Bronzetropfchen und verglasten Partien, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T709 Inv. 1978.24257. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, stellenweise (unten) mit porös verglastem Belag (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

- T710** Inv. 1978.24258. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 6 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dünner dunkelgrauer Belag, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T711** Inv. 1978.24259. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 6 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grauer unebener Belag, darauf stellenweise dicke blasig verschlackte Schicht mit grünen Flecken (s. Detailfoto), aussen *Lutum* (dick), stellenweise aber nur dunkelgrün glasierte Oberfläche (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T712** Inv. 1978.24260. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: dunkelgrau, hart und dicht gebrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (braun gefleckt), Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: ein Fragment zeigt aussen in der *Lutum*-Schicht einen stumpfwinkligen Abdruck (s. Detailfoto, Orientierung oben-unten unsicher). – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T713** Inv. 1978.24261. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen dunkler Belag mit feinsten Bronzetröpfchen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.
- T714** Inv. 1978.24223. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen anthrazit, krustenartige Auflagen (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.
- T715** Inv. 1978.24225. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: rotbraun verbrannt, hart; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (braun), mit sinterartigen kleinen Auflagen (beige, grünlich), aussen *Lutum* (Rest), grösstenteils weggesplittert (Frostschaden?). – *Angaben zum Fundort:* FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.
- T716** Inv. 1978.17865. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen graugrünlcher dünner Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B01860; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Befund:* Porticus Ost. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T717** Inv. 1983.21275. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz-bröckelig hellgrau verbrannt, sehr leicht; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Oberfläche nicht erhalten, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B08756; Grabungsnummer: 1983.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T718** Inv. 1983.23323. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*; Bemerkungen: Tiegelkeramik und äussere *Lutum*-Schicht haften innig aneinander. – *Angaben zum Fundort:* FK B09000; Grabungsnummer: 1983.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T719** Inv. 1983.24764. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, stark verbrannt (im Bruch z.T. braun), fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen hellgrau porös verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00021; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T720** Inv. 1983.25823. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braun verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (beige bis braun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00052; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T721** Inv. 1983.26244. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen sandiger Belag (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00070; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T722** Inv. 1983.29095. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: mittelgrau, mit feiner Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*, mit einem kleinen grünen Spritzer. – *Angaben zum Fundort:* FK C00226; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T723** Inv. 1983.30823. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit feiner Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00295; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T724** Inv. 1983.32752. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (braun), Spritzer (grün), aussen *Lutum* (rot gefleckt). – *Angaben zum Fundort:* FK C00360; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* Störung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T725** Inv. 1983.33621. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen hellgraue dünne Schlackenaufgabe, darauf mehrere Bronzeflecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00364; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 275.
- T726** Inv. 1983.34974A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00385; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundsituation:* OK/UK 297,21–296,06 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T727** Inv. 1983.35488. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braungrau verbrannt, grobsandig; Tongruppe 1?; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen braun, aussen *Lutum* (matt, dunkelrot-dunkelgrau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Lutum* (stark verschlackt): wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00397; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* Strassengraben Ostseite. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

- T728** Inv. 1983.35902. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz, blasig, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00398; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 30 bis ca. 100; Datierungsqualität: Zwei zeitliche Schwerpunkte; Bemerkung zur Datierung: wenig frühe Keramik.
- T729** Inv. 1983.37211. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen blasiger Schlackenbelag (grünlichgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00408; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* östliche Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T730** Inv. 1983.37481. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00408; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Befund:* östliche Porticus. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 200 bis ca. 260; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.
- T731** Inv. 1984.805C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00510; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T732** Inv. 1984.2362. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz, Flecken (beige), Spritzer (grün), aussen *Lutum* (schwarz). – *Angaben zum Fundort:* FK C00521; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Befund:* Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T733** Inv. 1984.4067. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braungrau (verbrannt), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C00532; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T734** Inv. 1984.5129. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, verbrannt, grobsandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (dunkelgrau), Spritzer, aussen Glasur (bläulich-graubeige gefleckt). – *Angaben zum Fundort:* FK C00551; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T735** Inv. 1978.16570. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: Abdruck einer 19 mm breiten Tiegelschale(?) in der *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort:* FK B02206; Grabungsnummer: 1978.051; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 37. – *Befund:* Porticus West. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 100.
- T736** Inv. 1968.3760. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grau, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK X07828; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 43. – *Fundsituation:* OK/UK 296,97–296,17 m ü. M. – *Befund:* braungrau mit Steinen und Ziegelpartikeln; Strassengraben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 170 bis ca. 180.
- T737** Inv. 1960.11025d. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen an der Wandung Spritzer, aussen an der Wandung *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK V04530; Grabungsnummer: 1960.070; Grabungsname: Insula 5; Insula 5. – *Befund:* Streufund. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T738** Inv. 1967.10305a.b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen am Rand Flecken, innen an der Wandung kleinste grüne Bronzespritzer; *Literatur:* Ammann/Schwarz 2011, 209 Anm. 457 Abb. 177,731. – *Angaben zum Fundort:* FK Z01676; Grabungsnummer: 1967.052; Grabungsname: Taberne; Insula 5 (möglicherweise auch Insula 31, Grabung 1962.054, FK X01981). – *Befund:* Kanalisationsgraben. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: wahrsch. erst 3. Viertel 2. Jh.
- T739** Inv. 1981.12262. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07602; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: + neuzeitlich.
- T740** Inv. 1981.12262a.b. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen an der Wandung naturbelassen (beige), innen am Boden Flecken (schwarz), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07602; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: + neuzeitlich.
- T741** Inv. 1981.12918. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, stark mit Quarz gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (ockerbeige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07603; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T742** Inv. 1981.13116. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Geschirrkera-
mik?; Oberfläche: innen dünn verschlackt (grau), aussen Flecken (dunkelgrau). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Zn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B07603; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.
- T743** Inv. 1981.13375. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (schwarz), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07604; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T744** (Abb. 13,E) Inv. 1981.13835. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (braun), Spritzer, aussen *Lutum* (matt dunkelgrau); Bemerkungen: länglicher Werkzeugeindruck im äusseren blasigen *Lutum* (Abb. 13,E). – *Angaben zum Fundort:* FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.
- T745** Inv. 1981.13901. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen brauner, unebener Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Mo-

ritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T746 Inv. 1981.13966. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen braungrauer Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T747 Inv. 1981.13921a. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T748 Inv. 1981.13921b. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Wandung in der Hitze deformiert; Oberfläche: innen Spritzer, Flecken (gelblich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T749 Inv. 1981.13921c. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (dunkelgrau), Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T750 Inv. 1981.13921d. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dünne verschlackte Auflage (grau), aussen Glasur (intensivgrün-dunkelrot gefleckt). – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T751 Inv. 1981.17421. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07639; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 140 bis ca. 300; weite Datierung von ca. 70 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T752 Inv. 1981.17737. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07644; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 150.

T753 Inv. 1981.19942. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS (von 2 Individuen?); Ton: dunkelgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07674; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T754 Inv. 1982.3898. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, fein, weich; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau und leicht dunkelgrün), Spritzer (helle Schlackenreste), aussen *Lutum*; Bemerkungen: mehrere Werkzeug-eindrücke in der äusseren *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort*: FK B07698; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T755 Inv. 1982.3961. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grauer Belag, aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK B07698; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T756 Inv. 1982.5184. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07757; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T757 Inv. 1982.5670. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau, beige), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07773; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 40 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T758 Inv. 1982.6173. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau und gelblichbeige), aussen *Lutum* (mit kleinem eingebackenen Granitstein). – *Angaben zum Fundort*: FK B07794; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T759 Inv. 1982.6480. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau (im Bruch rotbraun), sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen viele dunkle rostfarbene Ablagerungen und Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07813; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T760 Inv. 1982.10048. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen bzw. mit dünnem grünlichen schlackigen Belag, Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07920; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Befund*: Pozzo. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.

T761 Inv. 1982.9717C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen rotbrauner Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07920; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK / UK 297,62–291,00 m ü. M. – *Befund*: Pozzo. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.

T762 Inv. 1982.9717D. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, mit vielen Quarzmagerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grünlich durchscheinende Glasur, aussen *Lutum* (innig haftend). – *Angaben zum Fundort*: FK B07920; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK / UK 297,62–291,00 m ü. M. – *Befund*: Pozzo. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Bemerkung zur Datierung: evtl. bis 4. Jh.

T763 Inv. 1982.11740. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: in-

nen Spritzer (beige und grünlich), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07972; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T764 Inv. 1982.11784. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07972; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T765 Inv. 1982.23550B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grau, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Bronzetropfen innen beim Rand (Bohrspäne): Zinnbronze: 89% Cu, 6% Sn, 3% Pb, 2% Zn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort*: FK B08335; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK/UK 297,85–297,34 m ü. M. – *Befund*: Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 40 bis ca. 60; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T766 Inv. 1982.23550C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (braun, grau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B08335; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK/UK 297,85–297,34 m ü. M. – *Befund*: Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 40 bis ca. 60; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser.

T767 Inv. 1986.3639. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: rötlichschwarz, völlig verbrannt und deformiert (möglicherweise normaler Keramikfehlbrand); Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen «Sinterschicht» (grau, beige) und Spritzer (Bronze?), aussen blasig überbrannt (schwarz). – *Angaben zum Fundort*: FK C02015; Grabungsnummer: 1986.051; Grabungsname: Schwarzsacker Kanalisation; Insula 52/Region 6C. – *Fundkomplexdatierung*: Datierungsqualität: nicht datierbar; Bemerkung zur Datierung: vermischt.

T768 Inv. 1980.8240. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen 3–7 mm dicker Bronzebelag, aussen *Lutum* mit einigen darin integrierten Bronzetropfen (Durchmesser 3–6 mm). – *Angaben zum Fundort*: FK B05980; Grabungsnummer: 1980.053; Grabungsname: F.T.S.-Projekt Castelen; Insula 6. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 210.

T769 Inv. 1980.5714. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (grün und dunkelgrau), aussen Reste glasurartiger roter Flecken. – *Angaben zum Fundort*: FK B06533; Grabungsnummer: 1980.053; Grabungsname: F.T.S.-Projekt Castelen; Insula 6. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 25 bis ca. 75; weite Datierung von ca. 190 bis ca. 300; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T770 Inv. 1993.054.D02055.66. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubraun, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D02055; Grabungsnummer: 1993.054; Grabungsname: Parkplatz Kastelen; Insula 7. – *Befund*: Grasnarbe, Humus (Begrädigung der vom Bagger hinterlassenen Schräge). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: wenig modernes Material.

T771 Inv. 1997.060.D08513.296. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, mit viel Quarzmagerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarzer Belag mit glänzender Oberfläche, Spritzer (klein, grün); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D08513; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund*: dunkelbraunes, sandig-lehmiges Sediment mit Feinkies, Mörtelresten und einigen kleinen Ziegelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 100 bis ca. 230; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T772 Inv. 1997.060.D08701.219. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit vielen Quarzmagerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen ockerbrauner Überzug, Flecken (grau); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D08701; Grabungsnummer: 1997.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund*: dunkelbraunes sandiges Sediment, Gemisch von Mörtel, kleinen Ziegelfragmenten und Feinkies. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T773 Inv. 1998.060.D08731.154. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen ockerbrauner Überzug, Spritzer; aussen *Lutum* (abgeplatzt). – *Angaben zum Fundort*: FK D08731; Grabungsnummer: 1998.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund*: Reinigungs Profile. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 180 bis ca. 230; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: wenig 1. Jh. n. Chr.

T774 Inv. 1998.060.D09437.1. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarzer Überzug, Spritzer (schwarz, grün); aussen *Lutum*, dick, mit anhaftendem Stein. – *Angaben zum Fundort*: FK D09437; Grabungsnummer: 1998.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund*: grauockerfarbenes Sediment mit viel Grobkies, einzelnen Kalksteinbruchstücken und etwas Ziegelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T775 Inv. 1992.051.D00743.120. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 4 WS; Ton: hellgrau, sandig, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken und Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK D00743; Grabungsnummer: 1992.051; Grabungsname: Kastelen; Insulae 1/2. – *Befund*: Planieschicht nach Profil, lehmig sandiges Material. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 50 bis ca. 110; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T776 Inv. 1969.10172. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen partiell glasurartiger Belag (ocker, rot), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A00301; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Fundsituation*: OK/UK 297,46–297,36 m ü. M. – *Befund*: Schicht 2 nach Profil 3 (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T777 Inv. 1969.10278. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, Innendurchmesser 130; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum* (größtenteils abgeplatzt). – *Angaben zum Fundort*: FK A01536; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund*: Entfernung Erdklotz (von Vermessungsposten). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T778 Inv. 1966.584. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sehr hart, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen leicht fleckig, aussen dunkler Schlackenfleck, an ei-

ner Bruchkante zweiter rotbrauner Schlacketrophen (sekundär). – *Angaben zum Fundort*: FK X05895; Grabungsnummer: 1966.056; Grabungsname: Osttor Rundbau Stadtmauer; Region 14. – *Befund*: sandiger, schuttiger Lehm. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 110.

T779 Inv. 1991.002.C07619.25. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen *Lutum*; Bemerkungen: viele Werkzeug(?)abdrücke in der äusseren *Lutum*-Schicht. – *Angaben zum Fundort*: Grabfund! FK C07619, Grab G68/G79; Grabungsnummer: 1991.002; Grabungsname: Im Sager; La Roche AG, Bau B 232; Region 14H. – *Befund*: humoses Material, braunbeige. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T780 Inv. 1991.002.C07646.255. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Belag (dunkelgrau) mit Spritzern. – *Angaben zum Fundort*: FK C07646; Grabungsnummer: 1991.002; Grabungsname: Im Sager; La Roche AG, Bau B 232; Region 14H. – *Befund*: lehmiges Material, braunbeigeocker, mit etwas Kies, lokal blossockerbeige Verfärbungen. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 50 bis ca. 150; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; Bemerkung zur Datierung: ab Inv. 1991.001.C07646.54 vermischt mit FK C07645.

T781 Inv. 1991.002.C07685.287. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag mit Bronzespritzern, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C07685; Grabungsnummer: 1991.002; Grabungsname: Im Sager; La Roche AG, Bau B 232; Region 14H. – *Befund*: Planierung: humos-lehmiges Material, braunschwarz, mit Kiesel, Ziegelfragmenten, einigen Tierknochen, etwas Holzkohle. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material.

T782 Inv. 1979.16502. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen porös verbrannt (schwarz), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B03750; Grabungsnummer: 1979.001; Grabungsname: Neubau M. Haberl, Bireten; Region 16D / 17D. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 25 bis ca. 50; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T783 Inv. 1978.17501. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: dunkelgrau verbrannt, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dünner dunkelgrauer Belag mit vielen (Metall?) spritzern, partiell rot verbrannte Lehmauflage, aussen *Lutum*; Bemerkungen: zusätzlich 3 lose kleine Tiegelschlackenfragmente. – *Angaben zum Fundort*: FK B02404; Grabungsnummer: 1978.004; Grabungsname: C. Schneider, Äussere Reben; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 210.

T784 Inv. 1981.995. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: schlackiger Bodensatz (dünn, blasig, grünlichgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B07521; Grabungsnummer: 1981.002; Grabungsname: Neubau/Umbau M. Messer, Auf der Wacht; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 150; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: wenig aussagekräftig.

T785 Inv. 2011.001.F09341.691. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, mit vielen weissen Magerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkler dichter Belag, darauf beige verkrustet und 1 grüner kleiner Metallfleck; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F09341; Grabungsnummer:

2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation*: OK / UK 272,73–271,79 m ü. M. – *Befund*: Schutt in braunem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 100 bis ca. 150; weite Datierung von ca. 170 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T786 Inv. 2011.001.F09386.297. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, mit weissen Magerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen graue Kruste (mit Sandkörnern); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F09386; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation*: OK / UK 272,70–271,52 m ü. M. – *Befund*: Fein- und Mittelschutt in braunbeigem, siltigem Lehm. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 160; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T787 Inv. 2011.001.F09471.9. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, mit vielen weissen Magerungskörnern; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen rau; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F09471; Grabungsnummer: 2011.001; Grabungsname: Auf der Wacht; Region 17C. – *Fundsituation*: OK / UK 272,57–272,51 m ü. M. – *Befund*: dunkelbrauner, siltiger Lehm mit Schutt (von Nachreinigung Grube und Graben). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T788 Inv. 2006.004.F04253.46. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dünner Überzug (anthrazit), darin Spritzer und Flecken (beige); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F04253; Grabungsnummer: 2006.004; Grabungsname: Wacht Künzli; Region 17D. – *Befund*: schuttiger Humus. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 100 bis ca. 160; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T789 Inv. 1984.24383. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: schwarz verbrannt (im Bruch braun), weich, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen grau verbrannt, aussen *Lutum* (stark versintert, Oberfläche relativ eben). – *Angaben zum Fundort*: FK B09449; Grabungsnummer: 1984.001; Grabungsname: M. Schmid-Käser, Schmidmatt 2. Etappe; Region 17E. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T790 Inv. 2003.006.E05584.29. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau verbrannt, hart; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz (dünner Firnis?); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E05584; Grabungsnummer: 2003.006; Grabungsname: Schürmatt 2. Etappe, Friedhofstrasse; Region 18D. – *Befund*: Grube 8. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T791 Inv. 1985.18324. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau (im Bruch rötlichhellgrau), fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (ockerfarben und grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01535; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T792 Inv. 1985.24461. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen rötlichgrau, Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01548; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T793 Inv. 1985.34681. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross, dünnwandig; Oberfläche: innen Belag mit vielen Spritzern (grau, beige), aussen kohlige schwarze Flecken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+, Zn+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK

- C01577; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 100 bis ca. 200.
- T794** Inv. 1985.48859. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01632; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Befund*: Gruben. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.
- T795** Inv. 1985.58949. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, feine Quarzmagerung, hart; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen bläulichgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01701; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 400; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T796** Inv. 1985.62391. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkler Belag (braungrau), Bronzespritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01717; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 200; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: zusätzlich ein frühmittelalterliches Fragment.
- T797** Inv. 1985.64798a-b. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, stellenweise dünner Belag mit feinen Bronzespritzern, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01733; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T798** Inv. 2000.055.E01269.24. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen blasiger, grauer Überzug, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E01269; Grabungsnummer: 2000.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund*: Reinigung Profile. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material.
- T799** Inv. 2001.055.E01300.8. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (grünlich), z.T. verglast; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E01300; Grabungsnummer: 2001.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund*: Profilreinigung. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.
- T800** Inv. 2002.055.E01507.72. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken (braungelb), Spritzer (grün); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E01507; Grabungsnummer: 2002.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund*: dunkelbraun-graues, lehmiges bis leichtsandiges Sediment mit rötlichen Oxidationsspuren. Kies und Kiesel, grosse Knochenfragmente. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 140; Datierungsqualität: wenig Material.
- T801** Inv. 2003.055.E01657.60. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken, verwittert; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK E01657; Grabungsnummer: 2003.055; Grabungsname: Theatersanierung; Region 2A. – *Befund*: braungrau, lehmig-siltig-sandig; mit Kieseln, einzelne Ziegelfragmente und Kalkbruchsteine. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 40 bis ca. 80; Datierungsqualität: wenig Material.
- T802** Inv. 1967.8148. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*; *Literatur*: Fünfschilling 2006, 184 ff. Anm. 975. – *Angaben zum Fundort*: FK X06354; Grabungsnummer: 1967.051; Grabungsname: Kurzenbettli N2; Region 5. – *Befund*: im Süden Rest Alluvion, nach Norden humoser Oberflächenschutt. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: Töpfereiabfälle des 1. Jh.
- T803** Inv. 1967.11733. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig (verbrannt); Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*, stellenweise sehr dick (41 mm) nach unten hinabgeflossen; Bemerkungen: tiefer Werkzeugabdruck (8 mm breit) im *Lutum*; *Literatur*: Fünfschilling 2006, 184 ff. Anm. 975. – *Angaben zum Fundort*: FK X06374; Grabungsnummer: 1967.051; Grabungsname: Kurzenbettli N2; Region 5. – *Befund*: Oberflächenschutt, Ziegel, Mörtel, Steine. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 300; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.
- T804** Inv. 1975.6168. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*; Bemerkungen: innen feine deutliche Drehrillen. – *Angaben zum Fundort*: FK A06449; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5. – *Befund*: Humus, stark verkohlt mit 10% Kalkbruchsteinen, 5% Ziegelfragmenten (Brandschicht), braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 210 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 110; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: wenige frühe Fragmente.
- T805** Inv. 1967.8001B. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Gebrauchsflecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X06682; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Region 5G. – *Fundsituation*: OK/UK 296,44–296,00 m ü. M. – *Befund*: Sand, vermischt mit feinem Lehm, Kies, Kalkbrocken, Ziegelschrottmörtel, viel Holzkohle; Asche, Ziegelpartikel, Steinsplitter, verbrannter Lehm, viel Eisenschlacke (völlig oxidiert) und Keramik mit «aussen glasartigem, hartem Überzug» (Schmelztiegel). – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.
- T806** Inv. 1967.7427. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Gebrauchsflecken, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X06687; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Region 5G. – *Befund*: Gebäudeschutt: Sand, Kiesel, Ziegelreste aller Formen, Verputz, Mörtel, grau; lehmig, stark mit Sand durchsetzt, Mergelkies, Steine (Splitter und Brocken), selten Ziegelschrottmörtel; auf dem Gehniveau Amphorenboden. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.
- T807** Inv. 1967.5922. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen dunkelgrauer Belag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X06688; Grabungsnummer: 1967.055; Grabungsname: N2/A3; Region 5G. – *Fundsituation*: OK/UK 297,80–295,80 m ü. M. – *Befund*: Baggerabtrag mit Humus, Löss, Oberflächenschutt, Benutzungsschichten. – *Fundkomplexdatierung*: Datierungsqualität: nicht datierbar; Bemerkung zur Datierung: Streufund Frischwasserleitung.
- T808** Inv. 1975.6655. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A06451; Grabungsnummer: 1975.052; Grabungsname: Lärmschutzwand; Region 5G. – *Befund*: verkohlter Humus mit 5% Kalk-

bruchsteinen, etwas Ziegelfragmenten, braunschwarz. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 400; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: auch mittelalterliches Material.

T809 Inv. 2001.051.E04646.113. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarzer Belag, aussen Glasurflecken (grünlich, braun). – *Angaben zum Fundort*: FK E04646; Grabungsnummer: 2001.051; Grabungsname: Kunz-Suter; Region 8C. – *Befund*: braunhumoses Material, wahrscheinlich noch Mischschicht; enthält jedoch auch Versturz. An dessen UK kommen u. a. eine Reihe Münzen zutage, in einem dunkelbraunen, eher kompakt wirkenden Sediment. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 180 bis ca. 250; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T810 Inv. 1975.5939. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau verbrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen schwarz verbrannt, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK A08810; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 50 bis ca. 75.

T811 Inv. 1984.14065. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: rötlichhellgrau verbrannt, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, Schlackenflecken, grosser Bronzetropfen (Durchmesser 7 mm), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C01141; Grabungsnummer: 1984.052; Grabungsname: Degen; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T812 Inv. 1984.18664. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Spritzer (Tropfen, dunkelgrau), aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK C01308; Grabungsnummer: 1984.052; Grabungsname: Degen; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 100.

T813 Inv. 2006.051.F01801.1. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS und andere Fragmente (z.T. Schlacke mit anhaftendem Lehm); Ton: grau, sandig, fein und reich gemagert; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Belag (anthrazit), Spritzer (Bronze?); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F01801; Grabungsnummer: 2006.051; Grabungsname: Obermühle; Region 9D (Rauricastrasse). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 130; Datierungsqualität: wenig Material.

T814 Inv. 2006.051.F01886.1. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, hartgebrannt; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Überzug (anthrazit), Spritzer (grün); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F01886; Grabungsnummer: 2006.051; Grabungsname: Obermühle; Region 9D (Rauricastrasse). – *Befund*: braune, etwas sandhaltige Erde mit Kalksteinstücken, wenigen Ziegelstücken und Kieseln durchsetzt. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T815 Inv. 2006.051.F03213.17. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: beigegrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» gross; Oberfläche: innen Flecken; aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK F03213; Grabungsnummer: 2006.051; Grabungsname: Obermühle; Region 9D (Rauricastrasse). – *Befund*: Graben, verfüllt mit mittel- bis dunkelbraunem, kieseligem Sediment. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

Tafel 24 («Normaltyp» übergross)

T816* Inv. 1957.900. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 140 (mit *Lutum*-Wulst ca. 180); Ton: grau, beim unteren Bruch sekundär orangebraun verfärbt; Tiegelform: sehr gross, Randprofil kann wegen der *Lutum*-Auflage nicht genau bestimmt werden (s. Detailfoto); Oberfläche: innen an der Wandung leicht verschlackt, innen an der Wandung dunkel verbrannt und punktuell rötlich (s. Detailfoto), aussen am Rand auffallender Randwulst aus *Lutum*, darunter leicht verschlackt; Bemerkungen: der im Bruch aus fast schwarzer Schlacke gebildete Randwulst (s. Detailfoto) könnte durch eine (nicht erhaltene) Abdeckung/Manschette auf der Tiegelschulter entstanden sein. – *Angaben zum Fundort*: FK V01335; Grabungsnummer: 1957.052; Grabungsname: Steinler Insula 24. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T817 Inv. 1963.1098. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 140; Ton: hellgrau, sandig (verbrannt?); Tongruppe 1?; Form: sehr gross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen am Rand naturbelassen, aussen dunkler Fleck; Bemerkungen: aussen unter dem Rand feine, wohl unbeabsichtigte Drehrillen resp. -kratzer (evtl. von derselben Töpferei wie T288). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X02447; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund*: graue Schicht 5 (Profil 6). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 70.

T818* Inv. 1978.10113. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: braun verbrannt; Tongruppe 1; Form: sehr gross, fast zylindrisch, Aussendurchmesser 130 mm; Oberfläche: innen flächig braun bis schwarz verkrustet, Spritzer, aussen *Lutum*; Bemerkungen: Form, Grösse und Habitus weichen vom Normaltyp ab. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1. – Metallsuren: Cu++, Zn++, Ag (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 59 Abb.6-2. – *Angaben zum Fundort*: FK B01619; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 1 bis ca. 100; weite Datierung von ca. 150 bis ca. 250; Datierungsqualität: Zwei zeitliche Schwerpunkte.

T819* Inv. 1986.10530. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 3 WS; Ton: grau, fein; Tiegelform: sehr gross; Oberfläche: innen Flecken (rötlichgrau und grau), aussen *Lutum*; *Literatur*: Furger / Deschler-Erb 1992, 328 Kat. 20/133 (Phase 20) Taf. 84,20/133. – *Angaben zum Fundort*: FK C02040; Grabungsnummer: 1986.058; Grabungsname: Theater Kiosk-Neubau; Region 2A.

T820* Inv. 1975.5187. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, Wanddicke 9; Ton: schwarz, blasig verbrannt; Tiegelform: sehr grosses(?) Gefäss mit zylindrischer Wandung, Durchmesser heute >200 mm (möglicherweise einst kleinerer Tiegel, dessen Scherben überhitzt flachgedrückt wurden); Oberfläche: innen stark verbrannte Schlackenschicht (dunkelgrau mit roten und beige Flecken; s. Detailfoto), aussen hellgrau verkrustet mit vielen grünen Metalltröpfchen (s. Detailfoto). – *Angaben zum Fundort*: FK A08873; Grabungsnummer: 1975.051; Grabungsname: Kindergarten; Region 9. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 60; Bemerkung zur Datierung: vage.

T821* Inv. 1978.6379. *Objekt*: Tiegelerand? Erhaltung und Masse: RS, Mündungsweite 160–200 mm; Ton: dunkelgrau, mit sehr feiner Quarzmagerung, anscheinend in drei Schichten aufgetragen (s. Detailfoto); Tiegelform: flacher Tonkranz (Deckel eines sehr grossen Zementationsgefässes?) oder extrem grosses Gefäss mit stark eingezogener Mündung (s. Detailfoto); Oberfläche: innen tonrundig (grau), mehrfach aufgestrichene Lehmschichten; aussen bzw. oben *Lutum* (graugrünlich), etwas über den Rand hinein-

reichend. – *Angaben zum Fundort*: FK B01242; Grabungsnummer: 1978.054; Grabungsname: Wytttenbach; Insula 34. – *Fundsituation*: OK / UK 295,88–294,98 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 25 bis ca. 90.

Ohne Tafel-Abbildungen (Tiegelfragmente vom «Normaltyp», Grösse nicht bestimmbar)

T822 Inv. 1988.051.C04856.301. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: grau, völlig verbrannt (blasig-leicht); Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen Schlacken- resp. *Lutum*-Belag (anthrazit), z. T. sekundär über die Bruchkanten geflossen. – *Angaben zum Fundort*: FK C04856; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Befund*: sandig-siltiges Material, vermischt mit Kiesel, Ziegelstücken, Sandsteinstücken, Tuffsteinen. Material allgemein verkohlt, Holzkohlepartikel, Kalkbruchsteine und -splitter, grauocker-dunkelgrau. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 30 bis ca. 70; weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelte) Späte Ausreisser.

T823 Inv. 1988.051.C04887.430. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 15 kleine WS; Ton: grau verbrannt, z. T. blasig leicht; Tiegelform: Grösse unbestimmbar (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen Schlackentropfen (anthrazit), z. T. sekundär über die Bruchkanten geflossen. – *Angaben zum Fundort*: FK C04887; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Befund*: sandiges, leicht siltiges Material, mit Kiesel und Holzkohlepartikeln, rotbraun; Bronzeschlacke, Kieselbollen, Kalkbruchsteinstücke, Asche (gemischtes Schichtenmaterial). – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 10 bis ca. 50; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T824 Inv. 1988.051.C04901.381. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, deformiert; Ton: dunkelbraun verbrannt; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar (Tiegel?); Oberfläche: innen grau, blasig aufgequollen, aussen am Rand rot gebrannte Lehmauflage. – *Angaben zum Fundort*: FK C04901; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 292,80–291,65 m ü. M. – *Befund*: humos-sandiges Material, mit Kiesel, Kalksteinsplittern, Ziegelfragmenten, Material allgemein verkohlt; Schlacken Kieselbollen, Kalkbruchsteine, Mörtel. Dunkelgrau-schwarz. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 90 bis ca. 130; weite Datierung von ca. 150 bis ca. 210; Datierungsqualität: (vereinzelte) Späte Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: z. T. Neuzeit.

T825 Inv. 1988.051.C04938.96. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 23 WS; Ton: dunkelgrau verbrannt, z. T. blasig-leicht; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen Schlackenbelag und -tropfen (anthrazit), z. T. sekundär über die Bruchkanten geflossen. – *Angaben zum Fundort*: FK C04938; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 293,06–292,89 m ü. M. – *Befund*: siltiges, leicht sandiges, allgemein verkohltes Material, mit Holzkohle, Kalksteinsplittern, Schlacken, Ziegelpartikeln, Kiesel. Schwarz-dunkelgrau-ocker. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 30 bis ca. 50; Datierungsqualität: wenig Material.

T826 Inv. 1988.051.C04982.76. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 (3) WS; Ton: dunkelgrau verbrannt (blasig-leicht); Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar (Tiegel?); Oberfläche: innen und aussen Schlackentropfen (anthrazit), z. T. sekundär über die Bruchkanten geflossen, 2 Fragmente sind durch Schlacke zusammengebacken. – *Angaben zum Fundort*: FK C04982; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 293,58–292,53 m ü. M. – *Befund*: Kalkbruchsteine und

-splitter, Ziegelfragmente, Kiesel, vermischt mit sandig-siltig-humosem Material, braunbeige. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 30 bis ca. 130; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T827 Inv. 1988.051.C04982.77. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS, deformiert; Ton: schwarz verbrannt; Tiegelform: Grösse unbestimmbar (Tiegel?); Oberfläche: innen schwarz, Flecken, aussen verbrannt. – *Angaben zum Fundort*: FK C04982; Grabungsnummer: 1988.051; Grabungsname: Vögtlin; Insula 22. – *Fundsituation*: OK / UK 293,58–292,53 m ü. M. – *Befund*: Kalkbruchsteine und -splitter, Ziegelfragmente, Kiesel, vermischt mit sandig-siltig-humosem Material, braunbeige. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 30 bis ca. 130; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T828 Inv. 1964.10128C. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, völlig verbrannt und deformiert, sandig; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar; Oberfläche: innen Metalltröpfchen (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK X03770; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,54–295,48 m ü. M. – *Befund*: mörteliger Lehm, ockerfarben. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 130 bis ca. 200; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente früher.

T829 Inv. 1964.1367. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS und 2 WS; Ton: dunkelgrau porös verbrannt; Tiegelform: Rand innen verdickt; Oberfläche: innen porös, Flecken (braun), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK Y01511; Grabungsnummer: 1964.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 70; Datierungsqualität: wenig Material.

T830 Inv. 1978.17582. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: Rand innen verdickt; Oberfläche: innen dunkelgraue dünne Schlackenkruste (wie aussen) und Bronzespritzer, aussen *Lutum* (dünn). – *Angaben zum Fundort*: FK B01725; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 170 bis ca. 250.

T831 Inv. 1978.24228. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: 24 WS bis kleine Tiegelsplitter (von mehreren Individuen); Ton: grau; Tiegelform: verschiedene Grössen; Oberfläche: innen grau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK B01831; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 150 bis ca. 200.

T832 Inv. 1983.39312. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, völlig verbrannt und mit Schlacke innen und aussen verbacken; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar; Oberfläche: innen dicker grobblasiger Schlackenbelag (schwarz), aussen *Lutum* (tonigbraunrot). – *Angaben zum Fundort*: FK C00461; Grabungsnummer: 1983.053; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T833 Inv. 1984.1725. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar; Oberfläche: innen Spritzer, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00516; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T834 Inv. 1984.4634. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: Grösse unbestimmbar; Oberfläche: innen Flecken (rötlichgrau), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort*: FK C00543; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T835 Inv. 1982.6433. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: graubeige, sandig; Tiegelform: Gröss unbestimmbar; Oberfläche: innen dünner Schlackenbelag, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK B07810; Grabungsnummer: 1982.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T836 Inv. 1998.060.D08784.274. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, mit Quarzkörnern gemagert, hart gebrannt; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar; Oberfläche: innen dunkelgrau, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK D08784; Grabungsnummer: 1998.060; Grabungsname: E. Frey AG; Insula 8. – *Befund:* feines, braunes, sandhaltiges, humoses Sediment. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 130 bis ca. 200; weite Datierung von ca. 200 bis ca. 250; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte; Bemerkung zur Datierung: evtl. wenig 3. Jh. n. Chr.

T837 Inv. 1969.13810A. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: hellgrau, verbrannt und deformiert («flachdrückte Scherbe»), fein; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar; Oberfläche: innen glasurartiger Belag (dunkelrot-grüngrau gefleckt, Spritzer (grün), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:* Amphorenschicht (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T838 Inv. 1969.13810B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: grau, stark verbrannt, Ton blasig aufgequollen und deformiert; Tiegelform: Grösse nicht bestimmbar; Oberfläche: innen völlig verbrannt (grau gefleckt), anhaftender Schlackentropfen, aussen *Lutum* (braungrau, matt). – *Angaben zum Fundort:* FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:* Amphorenschicht (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T839 Inv. 1985.77889. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau, sandig; Tiegelform: Grösse unbestimmbar; Oberfläche: innen Oberfläche weggebrochen, aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK C01783; Grabungsnummer: 1985.051; Grabungsname: Neubau Turnhalle; Region 2. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 25 bis ca. 400.

T840 Inv. 1986.18145. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau verbrannt; Tiegelform: Grösse unbestimmbar; Oberfläche: kleines Fragment, fast ringsum (sekundär) mit *Lutum* überzogen. – *Angaben zum Fundort:* FK C02697; Grabungsnummer: 1986.003; Grabungsname: Kastell-Südtor, Anbau an Haus Tellenbach; Region 20Z. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T841 Inv. 2011.058.F01458.202. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. nicht bestimmbar; Ton: dunkelgrau, völlig verbrannt resp. überbrannt (deformiert); Tiegelform: Tiegel oder Gebrauchskeramik? Form unbestimmbar; Oberfläche: am Rand blasige Schlackenaufgaben (möglicherweise von einem metallurgischen Prozess). – *Angaben zum Fundort:* FK F01458; Grabungsnummer: 2011.058; Grabungsname: Publikumsgrabung; Region 7D. – *Fundsituation:* OK / UK 297,78–297,60 m ü. M. – *Befund:* lehmig-sandiges Material; örtlich Holzkohle. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 30 bis ca. 80; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

Tafel 25 («Normaltyp» mit aussen leicht verdicktem Rand)

T842* Inv. 1960.2066C. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, aussen leichter Einzug unter dem Randwulst; Oberfläche: innen am Rand Tonreste, innen an der Wandung Flecken (beige), aussen anhaftende dunkelgraue Tonreste (einer *Lutum*-Schicht?). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T843* Inv. 1960.2066B. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: hellgrau, sandig; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, aussen leichter Einzug unter dem Randwulst; Oberfläche: innen Flecken (grau), aussen Flecken (dunkelgrau), anhaftende Reste einer *Lutum*-Schicht?. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T844* Inv. 1960.2066D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 80; Ton: grau, sandig, feine Quarzmagerung; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt, aussen leichter Einzug unter dem Randwulst; Oberfläche: innen Flecken (dunkelgrau), aussen schwarz, am Rand anhaftende Lehmreste (einer *Lutum*-Schicht?). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK V03648; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Befund:* Schicht 1, Profil C-D. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 240 bis ca. 260; Bemerkung zur Datierung: vage.

T845* Inv. 1963.1693. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 70; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen und aussen verdickt; Oberfläche: innen und aussen grau gefleckt. – *Angaben zum Fundort:* FK X02531; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Befund:* Profil 7, Schichten 6–8. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T846* Inv. 1960.2304. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 75; Ton: hellgrau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand aussen verdickt; Oberfläche: innen braun gefleckt, aussen naturbelassen. – *Angaben zum Fundort:* FK V03666; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 200 bis ca. 250; Bemerkung zur Datierung: vage.

T847* Inv. 1960.1801. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 102; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen und aussen verdickt; Oberfläche: innen und aussen naturbelassen, leicht gefleckt (hellbraun). – *Angaben zum Fundort:* FK V03628; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation:* OK / UK 296,78–295,64 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 170.

T848 Inv. 1969.13810D. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 2 RS, 1 WS, Dm. 102; Ton: grau, sandig; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen Flecken (grau, z. T. dünn verglast), aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:* Amphorenschicht (Insula 50).

– *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T849* (Abb. 59) Inv. 1961.4159. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 95; Ton: graubeige, fein; Tongruppe 1; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, innen und aussen verdickter Rand; Oberfläche: innen brauner Belag, aussen *Lutum* (Rest). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 1 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X00220; Grabungsnummer: 1961.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 295,14–294,64 m ü. M. – *Befund*: Profil 32, Schichten 3–5: Brandschicht. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 160 bis ca. 250; Datierungsqualität: wenig Material.

T850* Inv. 1944.3029. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 100; Ton: beige, fein; Tiegelform: «Normaltyp» mittelgross, Rand etwas verdickt; Oberfläche: innen an der Wandung und aussen an der Wandung naturbelassen, keine Gebrauchsspuren. – *Angaben zum Fundort*: FK V00499; Grabungsnummer: 1944.052; Grabungsname: Neubau Lüscher; Insula 21. – *Befund*: Tiefe 1 bis 1,5 m. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 170 bis ca. 220; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK; evtl. ein später Ausreisser (FMA?).

Tafel 25 (Tiegel mit Griffflaschen)

T851* (Abb. 22; 66) Inv. 1995.060.D02744.1. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: fast ganz und intakt erhalten, nur kleines Randstück ausgebrochen; H. innen 49; H. aussen 60, Dm. 36; Ton: anthrazit verbrannt; Tongruppe 2?; Tiegelform: «Normaltyp» klein, Boden eiförmig-spitz, beim Rand dünnwandig; relativ grosse, an der oberen Bauchung angebrachte Griffleiste (32 mm breit, 19–25 mm hoch, ca. 25 mm lang); Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken und verbrannt (schwarz); aussen *Lutum*, sehr kompakt und aussen grünlichgrau glänzend (verläuft auch über die ganze Griffleiste; s. tomographische Schnitte Abb. 22). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik und *Lutum*: beides wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1, 3 Messungen). – *Angaben zum Fundort*: FK D02744; Grabungsnummer: 1995.060; Grabungsname: Elektro-Leitung Steinler; Insula 19. – *Befund*: graues, siltiges Material mit vergangenen Holzresten und Nagelfragmenten. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: wenig Material.

T852* Inv. 1970.2945. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau porös verbrannt; Tiegelform: kurze, im Umriss viereckige Griffflasche; Oberfläche: innen nicht erhalten, aussen mit dünner, porös-verglaster, grünlichgrauer Schlacke überzogen; Bemerkungen: Eine XRF-Oberflächenanalyse (Nr. 1970_2945_a; Tabelle 1) erbrachte keine signifikant erhöhten Anteile von Metallen. – *Angaben zum Fundort*: FK A02273; Grabungsnummer: 1970.053; Grabungsname: Curiastrasse 3; Insula 19. – *Fundsituation*: OK / UK 293,95–829,31 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 50; Datierungsqualität: wenig Material.

Tafel 25 (Tiegel mit umgelegtem Rand)

T853* (Abb. 68) Inv. 1968.8595. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 43; Ton: grau, viel Quarzmagerung; Tongruppe 3; Tiegelform: ei- oder beutelförmig, klein, mit eingezogenem, fein nach aussen umgelegtem Rand; Oberfläche: innen dünner grünlichbeiger Belag, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 3 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK A00093; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 43. – *Befund*: sandig, schwarz, Brandspuren, Ziegel. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100.

T854* (Abb. 68) Inv. 1963.5236. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: RS, H. aussen ca. 85, Dm. 70; Ton: grau, dünnwandig, mit viel Quarzmagerung; Tongruppe 3; Tiegelform: becherförmig, mittelgross, mit ganz feinem Randwulst aussen; Oberfläche: innen wenig durch Hitze gefleckt (grau bis braun), aussen dunkelgrau verbrannt, wenige dünne Spuren einer geringen Tonaufgabe (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 3. – *Metallspuren*: Zn (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,7. – *Angaben zum Fundort*: FK Y00917; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 80 bis ca. 160; Datierungsqualität: guter, einheitlicher FK.

Tafel 26 (flachbodige Tiegel)

T855* (Abb. 6; 83; 88; 90; 93) Inv. 1963.1330B. *Objekt*: Miniaturtiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Dm. 21 mm; Ton: hellgrau, fein; Tiegelform: klein und becherförmig, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen am Boden glasurartiger Belag (gelb bis grünlich), aussen naturbelassen mit dunklen Flecken. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu, Sn, Pb++, Au+, As+ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK W02461; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundsituation*: OK / UK 295,16–294,49 m ü. M. – *Befund*: Strassengraben und Porticus. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 90 bis ca. 210.

T856* (Abb. 68; 89) Inv. 1979.6173. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Dm. 29; Ton: dunkelgrau, grobe Quarzmagerung; Tongruppe 3?; Tiegelform: klein und becherförmig, Boden unten flach (innen rund) mit vorspringendem Fuss (s. Detailfoto); Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (grau, mit Erstarrungsrissen), aussen naturbelassen, glasige dunkelgrüne Flecken (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 3. – *Metallspuren*: Cu, Pb++ (3 Messungen), Ag+ (3 Messungen), As (2 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2,8. – *Angaben zum Fundort*: FK B03951; Grabungsnummer: 1979.003; Grabungsname: Überbauung, Auf der Wacht II; Region 17C. – *Befund*: Grube. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 50 bis ca. 130; weite Datierung von ca. 90 bis ca. 200; Datierungsqualität: (vereinzelt) späte Ausreisser.

T857* (Abb. 70) Inv. 1978.11550. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: WS und BS, H. aussen ca. 70–75 mm, Boden-Dm. 40; Ton: grau, mit viel Quarzmagerung; Tongruppe 5; Tiegelform: klein und becherförmig, innen eiförmig-spitz, aussen mit kleinem, von der Wand abgesetztem Flachboden; Oberfläche: innen naturbelassen, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 5; *Lutum*: wahrscheinlich Tongruppe 3 (Tabelle 1, 2 Messungen). – *Angaben zum Fundort*: FK B00440; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 70 bis ca. 160; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

T858* (Abb. 83; 88; 93) Inv. 1963.8222. *Objekt*: Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, Dm. 25; Ton: grau verbrannt, sandig; Tiegelform: klein und becherförmig, Boden unten flach (innen rund) (kleine Standfläche); Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz (hellgrau bis grün, Abb. 83 und 93), aussen dunkelgrau und Flecken (verglast). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+, Sn+, Pb+++ , Ag, As++ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK X02860; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 30 bis ca. 50; weite Datierung von ca. 200 bis ca. 300; Datierungsqualität: zwei zeitliche Schwerpunkte.

T859* Inv. 1968.5736. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: untere Tiegelhälfte, Boden-Dm. 30; Ton: anthrazit, sandig; Tiegelform: mittelgross und becherförmig, sehr schlanke Form, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen glasurartiger Belag (dunkelgrün), darüber ockerbeiger, verschlackter Belag, aussen grau gebrannt; Bemerkungen: am Boden hat sich der Belag dick angesammelt, innen drei horizontale Erstarrungstropfen (liegend abgekühlt; s. Detailfoto), aussen drei vertikale beige Schlackennasen (s. Detailfoto). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Au (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK X07929; Grabungsnummer: 1968.055; Grabungsname: N2/A3; Insula 42. – *Fundsituation:* OK/UK 297,16–296,61 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 50.

T860* (Abb. 68) Inv. 1963.721. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Dm. 45; Ton: braungrau, mit kleinen weissen Magerungskörnern; Tongruppe 3; Tiegelform: mittelgross, becherförmig, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen leichte Spritzer, aussen an der Wandung Reste eines braunen Tonüberzugs (nicht verschlackt), Standfläche naturbelassen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 3 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK X02263; Grabungsnummer: 1963.053; Grabungsname: Neubau Lüscher, Rest. Römerhof; Insula 18. – *Fundsituation:* OK/UK 295,50–295,04 m ü. M. – *Befund:* Schutt (Oberflächenschutt). – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 190 bis ca. 250; weite Datierung von ca. 50 bis ca. 190; Datierungsqualität: (vereinzelt) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: nicht sehr typisch.

T861* (Abb. 66) Inv. 1978.8845. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Dm. 37; Ton: dunkelgrau, wenig feine Quarzmagerung; Tongruppe 2; Form: Töpfchen, Boden unten flach (innen rund) (mit kleiner Standfläche), innen rund; Oberfläche: innen tongrundig, Flecken (braun), aussen *Lutum* (kleiner Rest anhaftend, dunkelgrau, blasig). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 2 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenerstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T862* (Abb. 70; 82; 124) Inv. 1968.6215. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: 1 RS (nicht an Rest anpassend), 8 WS, 2 BS, Profil rekonstruierbar, H. ca. 130, Dm. 85, Bodendurchmesser 27; Ton: dunkelgrau, viele grössere Quarzkörner; Tongruppe 5; Tiegelform: flachbodiger «Normaltyp», mittelgross, Gefässkörper stark verzogen, Rand innen verdickt, Boden aussen abgeflacht (innen rund) (sehr kleine Standfläche); Oberfläche: innen dunkelgrau, stellenweise mit brauner Lehmauflage, aussen *Lutum*. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 5; Lehmkruste innen: wahrscheinlich Tongruppe 3 (Tabelle 1, 3 Messungen), siehe Nachbrände Abb. 124; *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2 Tab. 6-1 und 6-2-1; 106 ff. Abb. A1-3; König 2015, Abb. 3, 6 und 7. – *Angaben zum Fundort:* FK A00094; Grabungsnummer: 1968.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insula 43. – *Fundsituation:* OK/UK 297,01–296,90 m ü. M. – *Befund:* sandig, grau, ocker, Mörtel, Kies. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 80 bis ca. 120; Datierungsqualität: wenig Material.

T863* (Abb. 66; 82; 92; 102) Inv. 1913.452. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Dm. 63; Ton: hellgrau, grobsandig, kein Graphitton (Strichprobe negativ); Tongruppe 2; Tiegelform: gross und sehr dickwandig, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen schlackiger Bodensatz, aussen *Lutum* (z. T. abgeplatzt); Bemerkungen: die äussere *Lutum*-Schicht bildet einen «Kragen» (s. Detailfoto), d. h. sie ist unten blasig-dick (ca. 15 mm) und oben glasurähnlich-dünn (1–2 mm). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 2. – Metallspuren: Cu++, Zn+++ (2 Messungen), Hg, MnO (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 59

Abb. 6-2 Tab. 6-3. – *Angaben zum Fundort:* FK V07599; Grabungsnummer: 1913.051; Grabungsname: Kiesgrube Kastelen; Insula 4. – *Befund:* keine weiteren Angaben zum Fundort.

T864 Inv. 2004.054.E09939.1. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: BS, Dm. ca. 40 (Standfläche von äusserer *Lutum*-Schicht überdeckt); Ton: braungrau, spröde verbrannt, mit viel Quarzmagerung; Tiegelform: «Normaltyp» gross, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen beigebraun verwittert (Lehmauflage?); aussen *Lutum*. – *Angaben zum Fundort:* FK E09939; Grabungsnummer: 2004.054; Grabungsname: Insula 27. – *Befund:* gelblicher, siltiger Lehm, mit Sand und feinem Kies durchsetzt (darin waren Teuchel verlegt). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Tafel 27 (Schälchentiegel)

T865* (Abb. 68) Inv. 1969.16153. *Objekt:* Tiegelchen. Erhaltung und Masse: ganz, Dm. 37, Boden-Dm. 33, H. 26; Ton: schwarz, kaum Magerung oberflächlich spürbar; Tongruppe 3?; Form: zylindrisches, leicht konisches Näpfchen, intakt, handgemacht mit grob abgestrichenem Rand und flachem Boden, Rand oben unregelmässig (evtl. alt abgebrochen und sekundär weiterbenutzt); Oberfläche: innen und aussen schwarz (reduzierender letzter Brand), innen in den unteren zwei Dritteln graue und weisse, körnige Beläge. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 3 (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK A01858; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Fundsituation:* OK/UK 297,05–296,6 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 50 bis ca. 120; Datierungsqualität: guter FK.

T866* (Abb. 98) Inv. 1960.1918. *Objekt:* sekundär verwendeter Tiegelscherben. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 60; Ton: hellgrau, feinsandig; Tiegelform: Randfragment vom «Normaltyp», mittelgross, Rand innen verdickt; Oberfläche: innen ganzflächig und aussen teilweise mit einer grünlichen bis braunen Glasur überzogen. Ursprüngliche Tonoberfläche liegt aussen stellenweise frei; Bemerkungen: Die grüne Glasur ist über alle Bruchkanten gelaufen. Im Innern ist sie am tiefsten Punkt in der Scherbenmitte als kleiner Bodensatz (dunkel-grüngrau) zusammengefloßen. Der 49x50 mm messende Scherben wurde demnach sekundär als Schälchentiegel benutzt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Cu+ (3 Messungen), Pb++ (3 Messungen), Ag, As+ (3 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur:* Furger 1998A, 136. – *Angaben zum Fundort:* FK V03634; Grabungsnummer: 1960.051; Grabungsname: Steinler Insula 30. – *Fundsituation:* OK/UK 296,04–295,90 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 150 bis ca. 230.

T867* (Abb. 52; 90) Inv. 1977.2214. *Objekt:* Schälchentiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 70 (oder weniger), H. aussen 30; Ton: anthrazit, porös und leicht; Tiegelform: flaches enges Näpfchen, handgemacht, mit einfach-verrundetem Steilrand und leicht gewölbter Bodenunterseite, asymmetrisch oder sekundär verzogen; Oberfläche: innen und aussen mit grauem, glasurähnlichem, aber blasigem Überzug, der im Bruch kontinuierlich in den Kern übergeht. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Zwei XRF-Oberflächenanalysen (Nr. 1977_2214_a und b) im Modus «Soil» innen am Boden und im Bruch erbrachten vorerst keine signifikant erhöhten Anteile von Metallen, erst in einer zweiten Serie (Nr. 1977_2214_c und d) im Modus «TestAllGeo» liessen sich Spuren von Ag, Hg und Au+ (2 Messungen) nachweisen (Tabelle 1). – Computertomographie (Abb. 52): Tonmatrix blasig verschlackt, mehrere kleinste Metalltröpfchen im äusseren Bodenbereich der Keramik; *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2, 9. – *Angaben zum Fundort:* FK B00020; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenerstrasse; Insula 25. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 30 bis ca. 100.

T868* (Abb. 66) Inv. 1978.783. *Objekt:* Schälchentiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. ca. 60; Ton: dunkelgrau, weich, handgemacht, mit wenigen weissen Magerungskörnchen; Tongruppe 2?; Form: Schälchen mit dickem Boden und ausdünnendem Rand, Rand steil und einfach verrundet, Ansatz zur Standfläche fehlt; Oberfläche: innen und aussen dunkelgrau, etwas porös, leicht fleckig. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1, 2 Messungen); Metallnachweis im Modus «TestAllGeo»: Pb (Tabelle 7, Messung 1978_00783_c); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2; *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2, 10. – *Angaben zum Fundort:* FK B00452; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 296,03–295,22 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 170 bis ca. 275; weite Datierung von ca. 1 bis ca. 100; Datierungsqualität: (vereinzelte) frühe Ausreisser; Bemerkung zur Datierung: wenige Fragmente 1.Jh.

T869* (Abb. 88; 93) Inv. 1984.3005. *Objekt:* Schälchentiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. 55, H. aussen ca. 40–60; Ton: grau (im Bruch schwarz), porös verbrannt, ds; Tiegelform: Näpfchen mit Schrägrand, im Randprofil spitz ausdünnend, Bodenform nicht bestimmbar; Oberfläche: innen und aussen dünner, gefleckter Überzug (hellgrau, grünlich, ockerbraun), über den Rand hinweglaufend, innen glasiert glänzend (Abb. 93), aussen matt. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Metallspuren: Pb+++ (innen am Rand, 2 Messungen), Ag, As++ (2 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur:* König 2014, 59 Abb. 6-2; *Literatur:* König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2, 11. – *Angaben zum Fundort:* FK C00525; Grabungsnummer: 1984.051; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 36. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 1 bis ca. 130.

T870* Inv. 1983.25935. *Objekt:* Schälchentiegel. Erhaltung und Masse: RS, Dm. unbestimmbar (> 150 mm); Ton: grau, schichtig aufgebaut (handgemacht!), grob gemagert, im Bruch schwarz verbrannt; Tiegelform: Napf (oder Schälchen) mit Schrägrand, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen kohlige schwarze Flecken, aussen am Rand braun, unten schwarz. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Oberfläche innen (Messung 1983_25935_a): keine signifikant erhöhten Anteile von Metallen; zweite Messung (1983_25935_b): MgO (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK C00053; Grabungsnummer: 1983.052; Grabungsname: Steinlerstrasse; Insula 35. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 240 bis ca. 280; weite Datierung von ca. 30 bis ca. 240; Datierungsqualität: Grosser FK, wenige frühe Ausreisser.

T871* (Abb. 68; 82; 124) Inv. 1998.004.D07523.27. *Objekt:* Grober Schälchentiegel. Erhaltung und Masse: 1 RS und 3 RS/BS (fast vollständig), Dm. 110, H. aussen 48; Ton: anthrazit, sehr grob, stark gemagert (Quarz u. a.); Tongruppe 3; Form: Schälchentiegel, dickwandig (18–23 mm), handgemacht, Rand einfach verrundet; Oberfläche: innen und aussen uneben, dunkelgrau, innen und aussen hellgrauer, dünner «Überzug» (stellenweise fehlend); Bemerkungen: keine Spuren einer Gusspeise innen und keine Brand- oder Verschlackungsspuren aussen. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 3 (Tabelle 1, 2 Messungen), siehe Nachbrände Abb. 124. – *Angaben zum Fundort:* FK D07523; Grabungsnummer: 1998.004; Grabungsname: Löwenareal 3. Etappe; Region 20Y. – *Fundkomplexdatierung:* enge Datierung von ca. 350 bis ca. 700; weite Datierung von ca. 50 bis ca. 350; Datierungsqualität: Viel frühmittelalterliches Material mit wenigen römischen Altstücken.

Tafel 27 (Tiegel aus Gebrauchskeramik)

T872* (Abb. 27; 92) Inv. 1963.4740. *Objekt:* Schüssel mit aussen angebrachtem *Lutum* (kein Glashafen). Erhaltung und Masse: RS, Dm. 200; Ton: dunkelgrau, fein, sehr hart; Tongruppe? (nachträglich zugewiesen den von Geschirrtöpfereien genutzten Lehm-vorkommen Augst-Schwarzacker/Venusstrasse/Osttor); Form: schüsselförmig mit horizontal ausgelegtem Rand; Oberfläche: innen Reste eines beigerötlichen Belags (s. Detailfoto), aussen an der Wandung *Lutum*, das in der Dicke oben bis zum Rand geht und nach unten ausdünn; Bemerkungen: die äussere Belagsschicht ist braun gebrannter Lehm, kaum verziegelt (nur verglastes Stück am unteren Fragmentrand (s. Detailfoto). *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Schwarzacker/Venusstrasse/Osttor (nicht näher bestimmbar, s. oben). – *Lutum:* wahrscheinlich Tongruppe 3 (2 Messungen). – Metallspuren: Ag+ (2 Messungen), Hg+, MgO (*Lutum*, auf Oberfläche gemessen) (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK Y00809; Grabungsnummer: 1963.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 294,73–294,60 m ü. M. – *Befund:* Sondierschnitt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 75.

Tafel 28 (neuzeitliche Tiegel)

T873* (Abb. 82) Inv. 1917.816. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Dm. 110; Ton: Graphitton (Strichprobe positiv), im Bruch anthrazit; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross, zylindrisch, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen an der Wandung schwarz, innen am Boden Metallspritzer und ein metallisches Bodendepot, aussen braunrot verbrannt und verkrustet; Bemerkungen: unten auf der Bodenfläche eingestempeltes Sternmuster mit Umkreis, darum Umschrift ...LA...HMAAC... (?); neuzeitlich! – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 2 (Tabelle 1). – Bronzetropfen unten (Bohrspäne): Zinn-Bleimessung: 82% Cu, 9% Sn, 6% Zn, 5% Pb (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK V07507; Grabungsnummer: 1917.002; Grabungsname: Ziegelhofweg; Region 18D. – *Befund:* Wasserleitung westlich vom Dorf [Kaiseraugst]. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T874* Inv. 1906.586. *Objekt:* Tiegel. Erhaltung und Masse: Tiegelboden, Bruchkanten alt verrundet (Wasser-Erosion?), Dm. 120; Ton: Graphitton (Strichprobe positiv), im Bruch anthrazit; Tongruppe 2; Tiegelform: «Normaltyp» gross, zylindrisch, Boden unten flach (innen rund); Oberfläche: innen an der Wandung anthrazit, schwarze Schlackenspritzer und ein grosser Metallspritzer (grün), aussen anthrazit und schwarze Schlackenflecken; Bemerkungen: unten auf der Bodenfläche Spur einer eingestempelten umlaufenden Inschrift; neuzeitlich! – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegeleramik: Tongruppe 2 (Tabelle 1) – Metallspuren: MgO+ (Tiegeleramik, im Bruch gemessen) (Tabelle 1). – Tropfen seitlich (Modus «Alloy»): Zinn-Bleimessung: 72% Cu, 15% Zn, 6% Pb, 5% Sn (Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK U00524; Grabungsnummer: 1879.090; Grabungsname: Streufunde; Insula/Region: Alt-fund «Augst». – «Augst 1879, 1906 inventarisiert» (Historisches Museum Basel).

Tafel 29 (Tiegeldeckel)

T875* Inv. 1969.13809A. *Objekt:* Randstück eines Tiegeldeckels(?), flache Scheibe (Durchmesser ca. 100 mm, Dicke >24 mm), aussen hellgrau, im Bruch dunkelgrau, sehr leicht und porös. – *Angaben zum Fundort:* FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund:*

Amphorenschicht (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T876* Inv. 1981.14477. *Objekt*: RS eines Tiegeldeckels(?), Dicke 23 mm, Durchmesser nicht bestimmbar, innen grau mit lamellenförmiger Struktur (vom Formungsprozess; s. Detailfoto), Oberfläche glatt und beige-grau; *Literatur*: König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort*: FK B07607; Grabungsnummer: 1981.052; Grabungsname: Moritz; Insula 50. – *Fundsituation*: OK / UK 297,90–297,01 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert. Mitfunde: 17 Segmentstabfragmente und Schrötlinge, 2 Münzen des späten 1. Jh. sowie 13 Münzen der Zeit um 137–210.

T877* (Abb. 28; 92; 102) Inv. 1978.22766A. *Objekt*: Tiegeldeckelfragment, flache Tiegelscherbe mit darauf aufgebaute Lehm (sehr porös, stumpfgrau), in der Mitte weggebrochene Erhebung, ringsum dünne, glasig durchscheinende Schlacke, Dm. 76 mm, Dicke am Rand 23 mm. – *Metallspuren*: Zn⁺⁺⁺, Cu⁺⁺ (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 59 Abb. 6-2, T887 (richtig: T877). – *Angaben zum Fundort*: FK B01781; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 125 bis ca. 175; Bemerkung zur Datierung: vage.

T878* (Abb. 28; 66) Inv. 1978.24302. *Objekt*: Randfragment eines Tiegeldeckels, Durchmesser 83 mm; Boden flach, Rand mit Wulst nach oben, oben gegen Zentrum wieder dicker werdend, Bodenfläche glatt und beige gefleckt, Oberseite blasig verschlackt und grau, im Bruch rötlichgrau. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Deckelkeramik: Tongruppe 2 oder allenfalls 3? (3 Messungen). – *Metallspuren*: Zn⁺⁺ (2 Messungen) (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort*: FK B01611; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 190 bis ca. 250.

T879* (Abb. 28) Inv. 1960.8021B. *Objekt*: Tiegeldeckelfragment, flache Tiegelscherbe mit darauf aufgebaute Lehm (sehr porös, stumpfgrau), in der Mitte weggebrochene Erhebung, ringsum dünne, glasig durchscheinende Schlacke, Dm. 76 mm, Dicke am Rand 23 mm. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): *Metallspuren*: Zn⁺ (2 Messungen), Hg (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK V04353; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund*: Schmelzgrube nach Profil C-D (von Osten gesehen). – *Fundkomplexdatierung*: Datierungsqualität: nicht datierbar, da keine Geschirrkernkeramik, sondern nur Metallfunde und Erdproben im FK.

T880* (Abb. 28) Inv. 1969.13808. *Objekt*: Tiegeldeckel, in vier Fragmenten; flache Scheibe (Durchmesser 84 mm, Dicke 21 mm), aussen hellgrau-beige, im Bruch dunkelgrau, sehr leicht und porös. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Deckelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 104 ff. Abb. A1-2; König 2015, Abb. 2, 12. – *Angaben zum Fundort*: FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund*: Amphorenschicht (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T881* (Abb. 28) Inv. 1969.13809. *Objekt*: Tiegeldeckel, in zwei Fragmenten; flache Scheibe (Durchmesser 99–102 mm, Dicke 23 mm), aussen hellgrau-beige, im Bruch dunkelgrau, Oberfläche leicht konkav und rötlich, sehr leicht und porös. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Deckelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 2 (Tabelle 1); *Literatur*: König 2014, 59 Abb. 6-2. – *Angaben zum Fundort*: FK A00276; Grabungsnummer: 1969.053; Grabungsname: Venusstrasse (Ost und West); Insulae 42–52. – *Befund*: Amphorenschicht (Insula 50). – *Fundkomplexdatierung*: enge Datierung von ca. 150 bis ca. 170; Datierungsqualität: guter, typologisch einheitlicher FK.

T882* (Abb. 28) Inv. 1978.24269. *Objekt*: Rand eines Tiegeldeckels, Durchmesser ca. 120–160 mm; flache untere (?) Seite grau und glatt, obere Seite grünlichgrau glasiert, im Bruch rotbraun gebrannter Lehm. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Deckelkeramik: wahrscheinlich Tongruppe 2 (2 Messungen). – *Metallspuren*: Zn⁺ (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort*: FK B01775; Grabungsnummer: 1978.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 100 bis ca. 200; Datierungsqualität: wenig Material; Bemerkung zur Datierung: vage.

Tafel 30 (Amphorenscherben-Tiegeldeckel)

T883* (Abb. 6; 28) Inv. 1977.7403. *Objekt*: WS einer Kugellamphore, sekundär als Tiegeldeckel verwendet; Ton: grau, sandig, sehr hart gebrannt, feinste helle Magerungskörner knapp erkennbar; Tiegelform: Fragment 66x56x15, ursprüngliche Plattengröße ca. 12x12 cm (Taf. 30, oben rechts); Oberfläche: innen (= Deckeloberseite) sandig sandig, grau; aussen (d. h. bei der Tiegelmündung) dunkelgrau versintert, darauf ein viertelkreisförmiger, glaserartiger Belag (anthrazit-dunkelgrün). Zwei Bruchkanten sind versintert, zwei frisch (s. Text). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Auf dem kreisrunden, glaserartigen Belag (Tabelle 1, Probe 1977_07403_a) sind die Metalle um ein Mehrfaches höher konzentriert als auf der nicht kontaminierten Scherbenoberfläche (= Innenseite der Amphore, Probe _b): Cu (Faktor 4,9), Zn (26,8), Sn (0 zu 25 ppm), Pb (9,3) und Ag (8,3). Auch Cl, S und As sind in der Glasur viel stärker nachweisbar als auf dem Scherben. – *Angaben zum Fundort*: FK B00117; Grabungsnummer: 1977.052; Grabungsname: Giebenacherstrasse; Insula 31. – *Fundsituation*: OK / UK 294,10–294,01 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 30 bis ca. 80; Datierungsqualität: wenig Material.

Tafel 30 (Tiegel varia)

T884* Inv. 1975.12432. *Objekt*: Konglomerat mit einer dunkelgrauen, verbrannten Tiegelscherbe, Bronze- und blasig-dunkelbrauner Schlacke und etwas rötlicher Tiegelschlacke, 75 mm lang, 107 g. – *Angaben zum Fundort*: FK A07284; Grabungsnummer: 1975.002; Grabungsname: Kastell, Neubau Kindergarten; Region 20E (Rheinthermen). – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 25 bis ca. 50; Datierungsqualität: wenig Material.

T885 Inv. (ohne Inv.). *Objekt*: Tiegel. *Literatur*: W. Vischer, Kurzer Bericht über die für das Museum in Basel erworbene Schmid'sche Sammlung von Alterthümern aus Augst. Kleine Schriften 2 (Basel 1858) 19 («mehrere den heutigen [Schmelztiegeln] sehr ähnliche von verschiedener Grösse» vorhanden). – *Angaben zum Fundort*: Altfund «Augst». – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T886 Inv. (ohne Inv.). *Objekt*: Tiegel (Altfund, Original verschollen); Bemerkungen: «Im Winter 1878/79 wurde bei Correction der Ergolz neben dem Tempelhof gefunden: ein Schmelztiegel, noch mit Resten von Bronze darin, und zwar im Bach ... (Catalog 629a); *Literatur*: Burckhardt-Biedermann 1876–1893, S. 18 Rückseite. – *Angaben zum Fundort*: Grabungsnummer: 1878.061; Grabungsname: Ergolz-Korrektion, «neben dem Tempelhof»; Region 8C. – *Fundkomplexdatierung*: nicht FK-datiert.

T887 Inv. 1978.16432. *Objekt*: Tiegel (zur Zeit nicht auffindbar). – *Angaben zum Fundort*: FK B02402; Grabungsnummer: 1978.004; Grabungsname: C. Schneider, Äussere Reben; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung*: weite Datierung von ca. 1 bis ca. 275; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: grosser FK.

T888 Inv. 1978.23364. *Objekt:* Tiegel? (zur Zeit nicht auffindbar). – *Angaben zum Fundort:* FK B02401; Grabungsnummer: 1978.004; Grabungsname: C. Schneider, Äussere Reben; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 70 bis ca. 400; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: sehr grosser FK; Glaswerkstätte.

T889 Inv. 1978.24080. *Objekt:* Tiegel? (zur Zeit nicht auffindbar). – *Angaben zum Fundort:* FK B02413; Grabungsnummer: 1978.004; Grabungsname: C. Schneider, Äussere Reben; Region 17B. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T890 Inv. (ohne Inv.). *Objekt:* Tiegel (oder Schlacke). Erhaltung und Masse: 2 WS; Oberfläche: verschlackt (gehört zu FK V04437, wurde jedoch ausgeschieden [lt. Sachkarteikarte Max Martin]). – *Angaben zum Fundort:* FK V04437; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Fundsituation:* OK / UK 295,02–294,74 m ü. M. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T891* (Abb. 6; 66) Inv. 2006.051.F01892.110. *Objekt:* Tiegel? Erhaltung und Masse: 2 WS; Ton: anthrazit, grob gemagert (Kalksplitter, Kieselchen usw.); Tongruppe 2; Form: Gefäss von grossem Durchmesser (> 15 cm) mit einziehender Schulter (oder Boden?), regelmässige Rundung, aber keine Drehrillen erkennbar (Orientierung unsicher), keine typische Tiegelform; Oberfläche: innen naturbelassen (grau, uneben); aussen glasurartiger Belag (farblos). – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tiegelkeramik: Tongruppe 2 (Tabelle 1, 3 Messungen); Metallspuren: innen (vergleichbar geringfügig) erhöhte Werte von Zn Sn und Pb, aussen von Cu, Zn und Sn (Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK F01892; Grabungsnummer: 2006.051; Grabungsname: Obermühle; Region 9D (Rauricastrasse). – *Befund:* braune, etwas sandhaltige Erde mit Kalksteinstücken, wenigen Ziegelstücken und Kieseln durchsetzt. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 130 bis ca. 250; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt; Bemerkung zur Datierung: wenig Neuzeitliches.

T892 Inv. 1986.2676. *Objekt:* Tiegel? Erhaltung und Masse: WS; Ton: dunkelgrau verbrannt; Tiegelform: unbestimmbar; Oberfläche: innen und aussen stark verbrannt und versintert. – *Angaben zum Fundort:* FK C02015; Grabungsnummer: 1986.051; Grabungsname: Schwarzsacker Kanalisation; Insula 52/Region 6C. – *Fundkomplexdatierung:* Datierungsqualität: nicht datierbar; Bemerkung zur Datierung: vermischt.

T893 Inv. 1960.8021H. *Objekt:* Tiegel? Keramikscherbchen mit Rostklumpen zusammengebacken. – *Angaben zum Fundort:* FK V04353; Grabungsnummer: 1960.054; Grabungsname: Steinler Insula 31. – *Befund:* Schmelzgrube nach Profil C-D (von Osten gesehen). – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert, da keine Geschirrk Keramik, sondern nur Metallfunde und Erdproben im FK.

Tafel 30 (isolierte Reguli aus Tiegeln)

T894* Inv. 1972.4422. *Objekt:* Regulus. Bronze-Gusskuchen, d. h. kalottenförmiges Stück mit mehr oder weniger flach erstarrter Oberfläche und konvexer Basis (bb1), Regulus aus einem Tiegelboden? Schwer, aber nicht metallisch, Oberfläche leicht konkav, Unterseite rund, dunkelgrau, unten grüne Metallspritzer (s. Detailfoto); Kalotten-Dm. 105 mm; 154 g. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): oxidierte Oberfläche: Zn++, Cu, Pb, Spur von Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK Z02354; Grabungsnummer: 1972.053; Grabungsname: Rauschentalstrasse Palazzo; Insula 41. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 210 bis ca. 250.

T895* Inv. 2008.053.F06215.127. *Objekt:* Regulus resp. Bodensatz eines grossen Tiegels. Die äussere Wölbung entspricht einem Innendurchmesser von 160–180 mm. Verschlacktes Material, keine Keramik im Bruch erkennbar. Oberflächen: aussen rel. glatter Negativabdruck (grau gefleckt); innen uneben erstarrte Oberfläche mit Bronzespritzern, schwarz-fleckig; 84x72 mm, 9–16 mm dick; 238 g. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Tongruppe 2; Metallspuren: Zn++, Pb+, Sn+, Cu (Modus «mining»; Tabelle 1). – *Angaben zum Fundort:* FK F06215; Grabungsnummer: 2008.053; Grabungsname: Sichelstrasse 12, Südforum; Insula 14. – *Feld 2*, Abtrag B 2.010; *Befund:* dunkelbraune bis schwarzbraune, stark lehm- und sandhaltige Schicht mit einigen grösseren Kieseln, Sandsteinstücken, Mörtel und Leistenziegelfragmenten durchsetzt. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

T896* Inv. 1992.060.D01507.349. *Objekt:* Tiegel-WS oder Bodensatz (Regulus)? Gebogenes Stück aus schwerem Material, ringsum Bruchkanten, konkave Aussenseite eher glatt, konvexe Innenseite mit verschlackter Erstarrungsstruktur, im Bruch aussen hellbraun, innen dunkelgrau; 113 x 89 mm, Dicke 13–16 mm, 534 g. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Bohrspäne aus grauer und brauner Schicht: Pb++, Cu+, Sn (Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK D01507; Grabungsnummer: 1992.060; Insula 26. – *Befund:* Humus. – *Fundkomplexdatierung:* weite Datierung von ca. 50 bis ca. 280; Datierungsqualität: uneinheitlich, vermischt.

T897* Inv. 1957.1530. *Objekt:* Blei-Regulus oder Erstarrungsstück oder WS Tiegel? Kalottenförmig, schwer (hoher Bleianteil); dichte graue Masse, wohl nicht keramisch (kleiner Silizium-Anteil); Oberflächen körnig-uneben, aussen etwas glatter und mit drei Einstichen / Eindrücken; 84x73 mm, 11–16 mm dick; 237 g. – *Archäometrische Untersuchung* (pXRF): Bleikupfer (92% Pb, 7% Cu, 1% As; Modus «Alloy»; Tabelle 2). – *Angaben zum Fundort:* FK V01389; Grabungsnummer: 1957.052; Insula 27. – *Fundsituation:* *Befund:* Störung. – *Fundkomplexdatierung:* nicht FK-datiert.

Abkürzungen

BS Bodenstück, Bodenfragment
cm Zentimeter
Dm. Durchmesser (wenn keine Angaben in mm)
FK Fundkomplex (Fundserie; Gesamtheit aller Funde, idealerweise aus ein und derselben Schicht in einer Raumeinheit = im Idealfall gleichzeitig sedimentiert).
H. Höhe (wenn keine Angaben in mm)
IPNA Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie, Universität Basel.
km Kilometer
L. Länge (wenn keine Angaben in mm)
m ü. M. Meter über Meer

mm Millimeter
P-ED-RFA (identisch mit pXRF) Portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse
pXRF (identisch mit P-ED-RFA) Portable X-Ray Fluorescence Spectroscopy (= Portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse)
RAR Römerstadt Augusta Raurica
RMA Römermuseum Augst, heute Museum Augusta Raurica
RS Randstück, Randfragment
v. l. n. r. von links nach rechts
WS Wandstück, Wandfragment

Abtreiben (engl. *to cupel*) Oxidierendes Schmelzen, damit die unedleren Metalle als Oxidschlacken entfernt werden können, bis am Schluss des Prozesses im Tiegel allein das edle Metall übrig bleibt. → Kupellation.

Bleiglätte (engl. *litharge*) Bleioxid. Fällt u. a. beim → Kupellieren als Bleigemisch mit aufgenommenen unedlen Metallen an.

Galmei (engl. *calamine*) Zinkspat, Zinkkarbonat, Smithsonit (ZnCO_3). Galmei ist ein hüttenmännischer Sammelbegriff für Zinkerze. Galmei kommt weltweit relativ häufig vor, allein in Deutschland an mehreren historisch ausgebeuteten Stätten (Wiesloch, Stolberg, Iserlohn und Rammelsberg bei Goslar) sowie in Belgien, Österreich etc. Galmei lässt sich durch Zementation unter reduzierenden Bedingungen mit flüssigem Kupfer über Zinkdämpfe bei Temperaturen um 900 °C direkt zu Messing legieren (auch als «holländische Art» der Messingherstellung bezeichnet). Zum experimentellen Einsatz von Galmei siehe hier das Experiment 7 (S. 214 ff.).

Kupellation, Kupellationsverfahren (engl. *cupellation*) Abtrennen von Edelmetallen mit Hilfe von unedleren Metallen. Als unedles Metall wird in der Regel Blei verwendet, das zusammen mit dem verunreinigten Edelmetall aufgeschmolzen wird. Die Verunreinigungen werden vom Blei aufgenommen und anschliessend mit dem gesamten Blei → abgetrieben, d. h. als festes Bleioxid (→ Bleiglätte) von der Edelmetallschmelze mechanisch entfernt oder von einem besonders porösen Herd oder Tiegel (→ Kupelle) aufgesaugt. Dieser hat die Eigenschaft, dass das flüssige «edle» Metall zurückbleibt (hohe Oberflächenspannung!), die noch «flüssigere» Bleiglätte aber durch starke Kapillarkräfte eingesogen wird. Die Kuppellen enthalten in der Regel Knochenmehl oder -asche, das die unedlen Bestandteile aufnimmt.

Kupelle (engl. *cupel*) Tiegel resp. kleine Schmelzwanne mit besonders poröser Oberfläche zur Aufnahme von Oxiden unedler Metalle. Oft ist dem Kupellenton Knochenasche beigelegt.

Lutieren Überziehen eines Tiegels mit Lutum resp. Zusammenkleben (Verkitten) von Tiegel und Deckel mit Hilfe eines *Lutum*.

Lutum Begriff aus dem Mittelalter (dt. Kot, Lehm, Schlamm, Dreck), der in der frühen Alchemie, Metallurgie und Labortechnik synonym für ein *Lehmgemisch* verwendet wurde, das zur besseren Hitzebeständigkeit auf Tiegel, Laborgläser usw. aufgeschmiert wird. Durch organische und mineralische Zusätze verglast und verschlackt das *Lutum* schneller als die Tiegeleramik, so dass die angeschmolzene, durch Blasenbildung aufgeschäumte Masse dem Tiegel eine Stütze und Isolation verschafft. Wegen seiner vorteilhaften Eigenschaften wurden die besten Mischungen auch als *Lutum sapientiae* (Lehm der Weisheit) bezeichnet. Auf römischen Tiegeln, vor allem in den Nord- und Nordwestprovinzen, sind *Lutum*-Überzüge allgegenwärtig.

«Normaltyp» Häufigste, formal stark standardisierte Tiegelform in Augusta Raurica (Abb. 15). Der Grossteil davon besteht aus Tongruppe 1, ist scheibengedreht und vermutlich als Fertigprodukt nach Augusta Raurica verhandelt worden. Die seltener vertretene Tiegel aus lokalen Tönen weisen zum Teil genau dasselbe, ebenfalls scheibengedrehte Profil auf.

Probieren (engl. *assaying*) Traditionelle Methoden zur Materialbestimmung von Produkten des Hüttenwesens und von (Edelmetall-)Legierungen unbekannter Zusammensetzung. Zu den Gerätschaften des «Probierens» gehören sowohl die → Probiersteine («Strichprobe») als auch kleine Aschkupellen zum analytischen Scheiden von Edel- und Unedelmetallen.

Probierstein (engl. *touchstone*) Dunkler, in der Regel schwarzer, sehr harter Stein (Radiolarit, «Kieselschiefer» usw.) mit flacher

glatter Oberfläche, auf dem mit einem Edelmetall unbekannter Zusammensetzung ein «Probierstrich» gemacht wird. Dicht daneben werden Striche mit bekanntem Gold- resp. Silbergehalt angebracht und aufgrund von Glanz und Farbe mit dem ersten Probierstrich verglichen. Seit dem Spätmittelalter werden «Probiersäuren» verwendet, die das Kupfer aus den Probierstrichen herauslösen und so einen Vergleich noch deutlicher machen. Ein erfahrener Goldschmied kann mit dieser einfachen Methode mit dem Auge ein Objekt auf etwa ein Karat genau bestimmen.

Raffinieren, Raffination (engl. *refining*) Auftrennen von (Metall-) Gemischen und Legierungen, traditionell durch Entfernung der unedleren Bestandteile durch oxidierendes Schmelzen («Feuer-raffination»). Überbegriff für → Kupellation (→ Abtreiben) und → Scheiden.

Regulus Erstarrte metallische Schmelze im Boden von Tiegeln oder Kupellen (hier auch: separat vorliegende «Bodensätze» auf Tiegeln). Zu den Reguli aus Augusta Raurica siehe hier S. 33 f. und Taf. 30, **T894–T897**.

Rekristallisierung (engl. *recrystallization*) Zurückführen des Kristallgefüges in eine homogene Form durch sanftes Ausglühen. Beim Kaltschmieden von Nichteisenmetallen verdichtet sich die Struktur zunehmend; die Schmiedestücke werden härter und brüchiger. Um ein Weiterschmieden ohne Rissbildung zu ermöglichen, müssen die Werkstücke daher regelmässig ausgeglüht («zwischengeglüht», rekristallisiert) und so wieder duktiler gemacht werden. Als Ausglühtemperaturen gelten ca. 400 °C für Bronze und Messing resp. 200 °C für Kupfer und Silber als ideal.

Scheiden (engl. *parting*) Auftrennen von Legierungen, meist Silber von Gold. Archäometrische Untersuchungen belegen für römische und frühmittelalterliche Funde (schalenförmige Scheidegefässe) dieselbe Technik, wie sie von Theophilus (12. Jh.) und Agricola (16. Jh.) überliefert ist: Die Gold-Silberlegierung wird in dünne Folien gehämmert, in Schnipsel zerkleinert und mit einem «Zement» von zwei Teilen pulverisiertem rot gebranntem Lehm und einem Teil Salz (NaCl), vermengt mit etwas Urin, durchmischt. Die Mischung wird knapp unter Schmelztemperatur in Schalen mit lehmverstrichenem Deckel lange erhitzt, so dass das Silber (und allenfalls Kupfer) als Chlorid vom Zement und der Keramik absorbiert wird.

Treiben Siehe Abtreiben, Kupellation.

«Tuyère» (engl. *Tuyère, nozzle*) Düse des Gebläses, die zwischen Blasebalg und Esse resp. Verhüttungs- oder Schmelzöfen eingesetzt wird. Meist sind nicht Rohre, sondern kreisrunde enge Löcher in Konstruktionselementen aus Lehm gemeint, die am unteren Rand der Feueranlagen angebracht sind. Bisweilen werden auch separat gefertigte und gebrannte Lehmmuffen und Y-förmige Verteiler im Zusammenhang mit Blasebälgen als «tuyères» bezeichnet.

Zementation (engl. *cementation*) Hier wird darunter das Verfahren zur Reduktion von Zinkerz und gleichzeitiger Legierung mit Kupfer zu Messing verstanden (auch: von Zinnerz mit Kupfer zu Bronze). Bei der Messing-Zementation wird → Galmei mit Holzkohle und dünnen Kupferplättchen (und nach gewissen Rezepten auch mit etwas altem Messing) in einen Tiegel gegeben und in einem Ofen auf eine Temperatur von 920 bis 1000 °C erhitzt. Dabei zerfällt zuerst das Zinkkarbonat zu Zinkoxid und Kohlendioxid. In weiterer Folge wird Zinkoxid zu metallischem Zink reduziert, das als Dampf vorliegt und vom Kupfer aufgenommen wird (deshalb erfolgte das Verfahren in einem geschlossenen Tiegel). Durch Zementation erzeugtes Messing hat einen maximalen Gehalt von rund 28–30% Zn. Zur experimentellen Messingerzeugung durch Zementation siehe hier das Experiment 7 (S. 214 ff.).

Literatur

- Abrecht 1997:* J. Abrecht, Zur Geologie von Lengnau (28–34) und: Bodenschätze in Lengnau: Huppererde und Bohnerz (34–40, mit F. Geiselmann). In: F. Geiselmann (Hrsg.), Tausend Jahre Lengnau. Ein Dorf im Wandel der Zeit 997–1997 (Lengnau 1997).
- Adam u. a. 1990:* K. Adam / H.-J. Stoll / P.-M. Wilde, Zum mittelalterlichen Bunt- und Edelmetallguss in Magdeburg. Zeitschr. f. Arch. 24, 1990, 101–122.
- Adamski 2008:* F. Adamski, Ateliers, techniques et artisans du „bronze“ en Aquitaine antique. De la fin de l'âge du Fer → la période gallo-romaine (Diss. Bordeaux 2008).
- Agricola 1557:* G. Agricola, Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen Buch von den Lebewesen unter Tage (Originalausgabe Basel 1556: «De re metallica», Basel 1557: «Vom Bergkwerck»), zitiert nach W. Fries / W. Treue (Hrsg.), Georg Agricola, Vom Berg- und Hüttenwesen (München 1980²).
- Alarcão u. a. 1979:* J. Alarcão / R. Etienne / A. Moutinho Alarcão / S. da Ponte, Fouilles de Conimbriga 7. Trouvailles diverses – conclusions générales (Paris 1979).
- Alexander 1975:* W. C. Alexander, A Pottery of the Middle Roman Imperial Period in Augst (Venusstrasse-Ost 1968/69). Forsch. Augst 2 (Basel / Augst / Liestal 1975).
- Allason-Jones / Dungworth 1997:* L. Allason-Jones / D. B. Dungworth, Metalworking on Hadrian's Wall. In: W. Groenman-van Waateringe u. a. (Hrsg.), Roman Frontier Studies 1995. Proc. of the XVth Int. Congr. of Roman Frontier Stud. Oxbow Monograph 91 (Oxford 1997) 317–321.
- Almagro-Gorbea u. a. 1991:* M. Almagro-Gorbea u. a., Les fouilles du Mont-Beuvray. Nièvre – Saône-et-Loire. Rapport biennal 1988–1989. Rev. arch. de l'Est et du Centre-Est 42/2, 1991, 271–298.
- Amand 1975:* M. Amand, Atelier de bronzier d'époque Romaine a Blicquy. Archaeologia Belgica 171 (Bruxelles 1975).
- Andrieux 2003:* Ph. Andrieux, Approches expérimentales des ateliers der bronziers de l'époque romaine. In: Mystère des bronzes antiques, Cat. exposition 06 juin / 31 décembre 2003, Musée de l'Ephèbe (Le cap d'Agde 2003) 43–50.
- Armbruster 2001:* B. Armbruster, Metallguss. In: J. Hoops (Hrsg.), Reallex. d. German. Altertumsk. 19 (Berlin / New York 2001) 622–642.
- Arnold 1980:* B. Arnold, Calcul des capacités des poteries en fonction de leur dessin. Jahrb. SGUF 63, 1980, 213–214.
- Baatz 1982:* D. Baatz, Die Römer in Hessen (Stuttgart 1982).
- Babey 2016:* U. Babey, Archéologie et histoire de la terre cuite en Ajoie, Jura, Suisse (1750–1900). Les exemples de la manufacture de faïence de Cornol et du centre potier Bonfol. Cahier d'archéologie jurassienne 37 (Porrentruy 2016).
- Babey / Thierrin-Michael 2003:* U. Babey / G. Thierrin-Michael, Produits céramiques modernes. Ensemble de Porrentruy. Cah. d'arch. jurassienne 18 (Porrentruy 2003).
- Bachmann 1976:* H.-G. Bachmann, Crucibles from a Roman Settlement in Germany. Journ. of the Hist. Metallurgy Soc. 10, 1976, 34–35.
- Bartl u. a. 2005:* A. Bartl u. a., Der „Liber illuministarum“ aus Kloster Tegernsee. Edition, Übersetzung und Kommentar der kunsttechnologischen Rezepte (Stuttgart 2005).
- Bauer 1976:* I. Bauer, Zur Geschichte der Schmelztiegelherstellung in Obernzell. In: I. Bauer (Red.), Volkstümliche Keramik aus Europa. Zum Gedenken an Paul Stieber (München 1976) 13–36.
- Bauer 1983:* I. Bauer (Hrsg.), Handbuch und Führer zum Keramikmuseum Schloss Obernzell. Zweigmuseum des Bayerischen Nationalmuseums (München 1983²).
- Bayley 1984A:* J. Bayley, Metalworking Evidence. In: A. Rogerson / C. Dallas, Excavations in Thetford 1948–59 and 1973–80. East Anglian Arch. 22 (Gressenhall 1984) 107–156.
- Bayley 1984B:* J. Bayley, Roman brass-making in Britain. Journ. of the Hist. Metallurgy Soc. 18/1, 1984, 42–43.
- Bayley 1985:* J. Bayley, What's what in ancient technology: an introduction to high-temperature processes. In: P. Phillips (Hrsg.), The archaeologist and the laboratory. CBA Research Reports 2000 (updated 2007) 41–44.
- Bayley 1988:* J. Bayley, Non-ferrous metal working: continuity and change. In: E. A. Slater / J. O. Tate (Hrsg.), Science and Archaeology. Glasgow 1987. Part 1 (Oxford 1998) 193–207.
- Bayley 1989:* J. Bayley, Non-metallic evidence for metalworking. In: Y. Maniatis (Hrsg.), Archaeometry. Proceedings of the 25th International Symposium (Amsterdam / Oxford / New York / Tokyo 1989) 291–303.
- Bayley 1991:* J. Bayley, Archaeological evidence for parting. In: E. Pernicka / G. A. Wagner (Hrsg.), Archaeometry '90 (Basel / Boston / Berlin 1991) 19–28.
- Bayley 1992:* J. Bayley, Anglo-Scandinavian Non-Ferrous Metalworking from 16–22 Coppergate. The Arch. of York 17: The Small Finds (York 1992).
- Bayley 1993:* J. Bayley, Precious metal working in Anglo-Saxon England. In: Chr. Eluère (Hrsg.), Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens. Ant. nationales mémoire 2 (Saint-Germain-en-Laye 1993) 137–140.
- Bayley 1999:* J. Bayley, Metalworking evidence. In: P. Andrews / K. Penn, Excavations in Thetford, north of the river, 1989–90. East Anglian arch. 87 (Norfolk 1999) 6–8.
- Bayley 2001:* J. Bayley, Non-ferrous metal technology in Britain in the earlier first millennium AD. In: M. Polver (Hrsg.), L'Artisanat romain: Evolutions, continuités et ruptures (Italie et provinces occidentales). Actes du 2e Colloque d'Erpeldange (26–28 octobre 2001). Monogr. Instrumentum 20 (Montagnac 2001).
- Bayley 2008:* J. Bayley, Lincoln. Evidence for metalworking on Flaxengate and other sites in the city. Technology report. Research department report ser. 67 (London 2008). Onlineausgabe: http://services.english-heritage.org.uk/ResearchReportsPdfs/067_2008WEB.pdf (25.11.2011).
- Bayley u. a. 1991:* J. Bayley / I. Freestone / A. Jenner / A. Vince, Metallurgy. In: A. G. Vince (Hrsg.), Aspects of Saxon and Norman London 2: Finds and Environment Evidence. London and Middlesex Arch. Soc. Special Paper 12 (London 1991) 389–405.
- Bayley / Barclay 1990:* J. Bayley / K. Barclay, The crucibles, heating trays, parting sherds, and related material. In: M. Briddle, Object and economy in medieval Winchester. Winchester Studies 7/2 (Oxford 1990) 175–197.
- Bayley / Budd 1992:* J. Bayley / P. Budd, Metal-working evidence from Culver Street. In: Crummy 1992, 194–197.
- Bayley / Dungworth / Paynter 2001:* J. Bayley / D. Dungworth / S. Paynter, Archaeometallurgy (Swindon 2001).
- Bayley / Rehren 2007:* J. Bayley / T. Rehren, Towards a functional and typological classification of crucibles. In: S. La Niece u. a. (Hrsg.), Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy (London 2007) 46–55.
- Benea / Petrovsky 1987:* D. Benea / R. Petrovsky, Werkstätten zur Metallverarbeitung in Tibiscum im 2. und 3. Jahrhundert n. Chr. Germania 65, 1987, 226–239.
- Benziger 1549:* Carl J. Benziger, Illuminierbuch. Wie man allerlei Farben bereiten, mischen und auftragen soll. Allen jungen angehenden Malern und Illuministen nützlich und fürderlich. Nach

- der ersten Auflage von 1549 herausgegeben (Frankfurt 1549 [Nachdrucke Frankfurt 1550 und 1562], Faksimile München 1913). Siehe auch Boltz 1549.
- Berger 1985:** L. Berger (mit Arbeitsgruppe Seminar Ur- u. Frühgesch. Univ. Basel), Die Grabungen beim Augster Osttor im Jahre 1966. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 5, 1985, 6–105.
- Berger 2012A:** L. Berger, Führer durch Augusta Raurica (Basel 2012⁷).
- Bernhard 2008:** H. Bernhard u. a., Der römische Vicus von Eisenberg. Ein Zentrum der Eisenverarbeitung in der Nordpfalz (Speyer 2008).
- Bersch 1899:** J. Bersch, Lexikon der Metall-Technik. Handbuch für alle Gewerbetreibenden und Künstler auf metallurgischem Gebiete (Leipzig o.J. [1899]).
- Biringuccio 1540:** Vannuccio Biringuccio, De la Pirotechnia (Venedig 1540).
- Blanc/Schenk 2014:** P. Blanc / A. Schenk, Un retour aux origines d'Avenches. Les fouilles de 2013 dans l'insula 15. Aventicum 25, 2014, 11–13.
- Blümner 1885:** H. Blümner, Das Kunstgewerbe im Altertum, Bd. 1–2. Geschichte des Kunstgewerbes in Einzeldarstellungen 1–2 = Das Wissen der Gegenwart 30 und 32 (Leipzig 1885).
- Blümner 1887:** H. Blümner, Die Metallarbeit. In: H. Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern 4. (Leipzig 1887; Leipzig/Berlin 1912², Nachdruck Hildesheim 1969) 1–378.
- Bode 2008:** M. Bode, Archäometallurgische Untersuchungen zur Blei-/Silbergewinnung im Germanien der frühen Römischen Kaiserzeit (Diss. Münster 2008).
- Bögli 1996:** H. Bögli, Aventicum. La ville romaine et le musée. Guides archéologiques de la Suisse 19 (Avenches 1996³).
- Bolley 1850:** P. Bolley, Über die feuerbeständigen Thon-Arten im Schweizerischen Jura. Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geognosie, Geologie u. Petrefakten-Kunde (Stuttgart 1850) 515–522.
- Boltz 1549:** Valentin Boltz, Illuminier Buoch, wie man allerley farben bereiten, mischen, schattieren unnd ufftragen soll ... (Basel 1549). Siehe auch Benziger 1549.
- Bourgarit/Bauchau 2010:** D. Bourgarit / F. Bauchau, The ancient brass cementation processes revisited by extensive experimental simulation. Journal of Metals 62/3, 2010, 51–57.
- Bourgarit/Thomas 2011:** D. Bourgarit / N. Thomas, From laboratory to field experiments: shared experience in brass cementation. Journ. of the Hist. Metallurgy Soc. 45/1, 2011, 8–16.
- Brachert 2001:** Th. Brachert, Lexikon historischer Maltechniken. Quellen – Handwerk – Technologie – Alchemie (München 2001).
- Brady/Clauser 1991:** G.S. Brady / H.R. Clauser, Materials Handbook. An encyclopedia for Managers, Technical Professionals, Purchasing and Production Managers, Technicians, Supervisors, and Foremen (New York 1991¹²).
- Brepohl 1987:** E. Brepohl, Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst (Leipzig 1987).
- Brepohl 2000:** E. Brepohl, Theorie und Praxis des Goldschmieds (Leipzig 2000¹⁴).
- Brem u. a. 1992:** H.J. Brem / J. Bürgi / K. Roth-Rubi, Arbon – Arbor Felix. Das spätrömische Kastell. Arch. im Thurgau 1 (Frauenfeld 1992).
- Bridger/Rehren 2003:** C. Bridger / T. Rehren, 'Grobkeramik'. Erster Nachweis römischer Zinnverarbeitung in Xanten. Arch. im Rheinland 2002 (Stuttgart 2003) 107–109.
- Brockhaus 1882–1887:** F.A. Brockhaus, Brockhaus' Conversations-Lexikon. 16 Bände (Leipzig 1882–1887¹³).
- Brunhuber 1960:** E. Brunhuber, Legierungs-Handbuch der Nichteisenmetalle (Berlin 1960²).
- Brunhuber 1991:** E. Brunhuber, Giesserei-Lexikon (Berlin 1991¹⁵).
- Brunton 1927:** G. Brunton, Qau und Badari I. British School of Archaeology in Egypt and Egyptian Research Account 29, 1923 (London 1927).
- Bugge 1929:** G. Bugge, Das Buch der grossen Chemiker (Berlin 1929).
- Burckhardt-Biedermann 1876–1893:** Th. Burckhardt-Biedermann, Notizen über Augst. Unpubliziertes Manuscript (folio) 1876 bis 1893. Archiv der histor. und antiquar. Gesellschaft Basel, heute Staatsarchiv Basel-Stadt (Signatur PA 88a, H5a).
- Burckhardt-Biedermann 1915:** Th. Burckhardt-Biedermann, Falschmünzer in Augusta Raurica. Basler Zeitschr. Gesch. u. Altkde. 14, 1915, 1–10 Taf. 1–2.
- Bushe-Fox 1913:** J.P. Bushe-Fox, Excavations on the Site of the Roman Town at Wroxeter, Shropshire, in 1912. Reports of the Research Comm. of the Soc. of Antiquaries of London 1 (Oxford 1913).
- Cabral u. a. 1984:** P. Cabral u. a., Análise química não-destrutiva de dois cadinhos achados em Conímbriga. Conimbriga 23, 1984, 159–168.
- Cellini 1568:** Benvenuto Cellini, Trattati dell'oreficeria e della scultura (Abhandlungen über die Goldschmiedekunst und die Bildhauerei), Manuskript (Florenz 1568¹; Neudruck Florenz 1857).
- Champion 1916:** B. Champion, Outils en fer du Musée de Saint-Germain, Rev. Arch. 1916, 211–246.
- Chardon-Picault 2005:** P. Chardon-Picault, L'artisanat des alliages → base de cuivre de Vertault-Vertillum (Côte-d'Or). RAE 54, 2005, No. 176, 135–147.
- Chardon-Picault 2007:** P. Chardon-Picault, Les ateliers de bronziers dans la ville. In: Chardon-Picault (Hrsg.), Hommes de feu, hommes du feu. L'artisanat en pays Eduen (Autun 2007) 36–75.
- Chardon-Picault/Pernot 1999:** P. Chardon-Picault / M. Pernot (Hrsg.), Un quartier antique d'artisanat metallurgique a Autun. Le site du Lycée militaire. Doc. d'arch. française 76 (Paris 1999).
- Chardon-Picault/Picon 1997:** P. Chardon-Picault / M. Picon, La fabrication du laiton, → Autun, durant la période Romaine: premières recherches. Mém. de la Soc. Eduenne des Lettres, Sciences et Arts 56/2, 1997, 171–181.
- Châtelet 2002:** M. Châtelet, La céramique du haut Moyen Age du sud de la vallée du Rhin supérieur (Alsace et Pays de Bade). Typologie, chronologie, technologie, économie et culture (Montagnac 2002).
- Clarke 2013:** M. Clarke, The earliest technical recipes: Assyrian recipes, Greek chemical treatises and the *Mappae Clavicula* text family. In: R. Córdoba (Hrsg.), Craft treatises and Handbooks: the Dissemination of Technical Knowledge in the Middle Ages. De diversis Artibus 91 (Turnhout 2013) 9–31.
- Claus/Goederitz 1933:** W. Claus / A.H.F. Goederitz, Gegossene Metalle und Legierungen. Grundlagen der metallgießtechnischen Werkstoffkunde (Berlin 1933).
- Clausse 1994:** R. Clausse, Un secteur du quartier gallo-romain au plateau de Mageroux → Saint-Mard (Virton). In: A. Cahen-Delhaye u. a. (Hrsg.), Un quartier artisanal de l'agglomération gallo-romaine de Saint-Mard (Virton). Etudes et Documents. Fouilles 1 (Namur 1994) 127–140.
- Colinet 2010:** A. Colinet, Les alchimistes Grecs 11. Recettes alchimiques (Par. Gr. 2419; Holkhamicus 109). Cosmas le Hiéromopine chrysopée (Paris 2010).
- Cook 2008:** J.W. Cook, Characterization of bronze casting in insula 56, in Roman Aventicum (Diss. Athens / Georgia 2008). Onlineausgabe: http://athenaeum.libs.uga.edu/bitstream/handle/10724/12560/cook_jessica_w_200805_ms.pdf?sequence=1.
- Craddock 1981:** P.T. Craddock, The Copper Alloys of Tibet and their Background. In: W.A. Oddy / W. Zwalf (Hrsg.), Aspects of Tibetan Metallurgy. British Museum Occasional Paper 15 (London 1981) 1–31.
- Craddock 2013:** P.T. Craddock, Refractories: Ceramics with a purpose. The Old Potter's Almanack 18/2, 2013, 9–20.
- Craddock/Eckstein 2003:** P. Craddock, K. Eckstein, Production of brass in Antiquity by direct reduction. In: P. Craddock / J. Lang (Hrsg.), Mining and metal production through the ages (London 2003) 216–230.
- Crew/Rehren 2005:** P. Crew / T. Rehren, Appendix 1. High-temperature workshop residues from Tara: iron, bronze and glass. In: E.

- Grogan, The North Munster project. Discovery Programme Monogr. 6 (Bray 2005), 83–103.
- Crummy 1992:* Ph. Crummy, Excavations at Culver Street, the Gilbert School, and other sites in Colchester 1971–85. Colchester archaeological report 6 (Colchester 1992).
- Cunliffe 1987:* B. Cunliffe, Hengistbury Head, Dorset, 1. The prehistoric and Roman settlement, 3500 BC–AD 500. Oxford Univ. Comm. for Arch. Monogr. 13 (Oxford 1987).
- Cüppers 1983:* H. Cüppers, Die Römer an Mosel und Saar (Mainz 1983).
- Curle 1982:* C. L. Curle, Pictish and Norse finds from the Brough of Birsay 1934–74. Society of Antiquaries of Scotland, Monograph Series 1 (Edinburgh 1982).
- Czys 2003:* W. Czys, Heldenbergen in der Wetterau. Feldlager, Kastell, Vicus. Limesforsch. 27 (Mainz 2003).
- Daszkiewicz/Schneider 2011:* M. Daszkiewicz / G. Schneider, Archäo-keramologische Klassifizierung am Beispiel kaiserzeitlicher Drehscheibenkeramik aus Brandenburg. In: J. Bemmman et al. (Hrsg.), Drehscheibentöpferei im Barbaricum. Technologietransfer und Professionalisierung eines Handwerks am Rande des Römischen Imperiums. Bonner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichtlichen Archäologie 13 (Bonn 2011) 17–33.
- De Quervain/Gschwind 1934:* F. de Quervain / M. Gschwind, Die nutzbaren Gesteine der Schweiz (Bern 1934).
- Déchelette 1914:* J. Déchelette, Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-Romaine 2. Archéologie celtique ou protohistorique 3. Second age du fer ou époque de la Tène (Paris 1914).
- Demarez/Othenin-Girard 1999:* J.-D. Demarez / B. Othenin-Girard, Une chaussée romaine avec relais entre Alle et Porrentruy. Cah. d'arch. jurassienne 8 (Porrentruy 1999).
- Desbat u. a. 2000:* A. Desbat / E. Meille / M. Picon, La préparation du laiton par cémentation, → l'époque romaine. In: P. Pétrequin u. a. (Hrsg.), Arts du feu et productions artisanales. Actes des Rencontres Int. d'Archéologie et d'Hist. d'Antibes 20 (Antibes 2000) 183–188.
- Deschler-Erb 1998:* S. Deschler-Erb, Römische Beinartefakte aus Augusta Raurica. Rohmaterial, Technologie, Typologie und Chronologie. Forsch. Augst 27 (Augst 1998).
- Deschler-Erb 2011:* S. Deschler-Erb, Etude ostéologique. Du déchet au combustible. In: J.-D. Demarez / M. Guélat / P.-A. Borgeaud (Hrsg.), Voie romaine, structures artisanales et travail du fer du Ier au IVe siècle → Courrendlin (Jura, Suisse). Avec de nouvelles données sur l'environnement alluvial dans le Jura. Cahier d'arch. jurassienne 30 (Porrentruy 2011) 67–81.
- Deschler-Erb 2012:* E. Deschler-Erb, Buntmetallverarbeitung. In: H. Amrein u. a. (Hrsg.), Das römerzeitliche Handwerk in der Schweiz. Bestandsaufnahme und erste Synthesen. Monogr. Instrumentum 40 (Montagnac 2012) 63–74.
- Diderot/d'Alembert 1765:* D. Diderot / J. Le Rond d'Alembert, Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers ..., Band 9: Ju–Mam (Neuchâtel 1765).
- Dinsdale 1986:* A. Dinsdale, Pottery science. Materials, process, and products. Ellis Horwood Series in Applied Science and Industrial Technology (Chichester 1986).
- Dolenz 2004:* H. Dolenz, Die Suchschnitte 1W–10W, die Terrassenbauten T/1–T/7 und die Häuser WR/1–WR/2. In: G. Piccottini (Hrsg.), Die Ausgrabungen auf dem Magdalensberg 1986–1990. Magdalensberg-Grabungsbericht 17 (Klagenfurt 2004) 117–219 bes. 171–188.
- Domke 1964:* W. Domke, Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung. Repetitorium des Ingenieurwissens (Essen 1964).
- Doppler 1965:* H. W. Doppler, Münzstempel und Münzgussformen aus Augst. Römerhaus u. Mus. Augst. Jahresber. 1965 (1966) 3–10.
- Doppler 1966:* H. W. Doppler, Münzstempel und Münzgussformen aus Augst. Schweizer Münzbl. 16, 1966, 18–23.
- Doridot u. a. 2006:* A. Doridot / L. Robbiola / F. Téreygeol, Production expérimentale de laiton par cémentation en creuset ouvert, avec du minerai de zinc, selon les recettes médiévales et modernes. ArcheoSciences 30, 2006, 15–24. Onlineausgabe: <http://archeosciences.revues.org/107?file=1> (27.01.2014).
- Draper 1985:* J. Draper, Excavations by Mr H. P. Cooper on the Roman site at Hill Farm, Gestingthorpe, Essex. East Anglian Arch. 25 (Gressenhall 1985).
- Drescher 1978:* H. Drescher, Untersuchungen und Versuche zum Blei- und Zinn-guss in Formen aus Stein, Lehm, Holz, Gess und Metall. Ein Beitrag zur mittelalterlichen Giesstechnik von Kleingerät. Frühmittelalterliche Studien 12 (Berlin / New York 1978) 84–115.
- Drescher 1994:* H. Drescher, Römische Giessereifunde vom Auerberg. In: G. Ulbert, Der Auerberg I. Topographie, Forschungsgeschichte und Wallgrabungen. Münchner Beitr. Vor- u. Frühgesch. 45 (München 1994) 113–171.
- Dungworth 1996:* D. Dungworth, Caley's 'zinc decline' reconsidered. Numism. Chronicle 156, 1996, 228–234.
- Dungworth 1997:* D. Dungworth, Roman Copper Alloys: Analysis of Artefacts from Northern Britain. Journ. of Arch. Science 24, 1997, 901–910.
- Dungworth 2000:* D. B. Dungworth, A note on the analysis of crucibles and moulds. Journ. of the Hist. Metallurgy Soc. 34/2, 2000, 83–86.
- Duvauchelle 2005:* A. Duvauchelle, Les outils en fer du Musée Romain d'Avenches. Doc. du Mus. Rom. d'Avenches 11 (Avenches 2005).
- Duvauchelle 2008:* A. Duvauchelle, L'utilisation du plomb dans l'hydraulique d'Aventicum. Bull. Assoc. Pro Aventico 20, 2008, 187–251.
- Eggers 1950:* H. J. Eggers, Das Problem der ethnischen Deutung in der Frühgeschichte. In: H. Kirchner (Hrsg.), Ur- und Frühgeschichte als historische Wissenschaft. Festschrift zum 60. Geburtstag von Ernst Wahle (Heidelberg 1950) 49–59.
- Elefterescu 2013:* D. Elefterescu, Evidence of bronze working at Durostorum. Acta Musei Napocensis 50/1, 2013, 181–222.
- Emery 2007:* E. Emery u. a., Rickenbach unter den Tropen ... vor 25 Millionen Jahren! Bestimmung des Paläoklimas und der Paläoökologie anhand der Untersuchungen an fossilen Nashornzähnen aus der Sammlung des Naturmuseums Olten. Mitt. d. Naturforsch. Gesellschaft d. Kantons Solothurn 40, 2007, 51–64.
- Emery/Berger 2004:* E. Emery / J.-P. Berger, Geotope and Biotope: conflicts or synergies? The case of Rickenbach locality (canton Solothurn). 2nd Swiss Geoscience Meeting (Lausanne 2004).
- Eramo 2006A:* G. Eramo, Pre-industrial glassmaking in the Swiss Jura: the refractory earth for the glassworks of Derrière Sairoche (ct. Bern, 1699–1714). In: M. Maggetti / B. Messiga (Hrsg.), Geomaterials in Cultural Heritage. Geological Society London, Special Publications 257 (London 2006) 187–199.
- Eramo 2006B:* G. Eramo, The glass-melting crucibles of Derrière Sairoche (1699–1714 AD, Ct. Bern, Switzerland): a petrological approach. Journ. of Arch. Science 33/3, 2006, 440–452.
- Ercker 1580:* L. Ercker, Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten vom Jahre 1580. Eingeleitet und in ein verständliches Deutsch übertragen von P. R. Beierlein mit Erläuterungen von A. Lange (Berlin 1960 [nach der Ausgabe Frankfurt 1580]).
- Faber 1994:* A. Faber, Das römische Auxiliarkastell und der Vicus von Regensburg-Kumpfmühl. Münchner Beitr. z. Vor- u. Frühgesch. 49 (München 1994).
- Fachs 1689:* Modestin Fachs, Probier-Büchlein (Leipzig 1689).
- Fasnacht 1993:* W. Fasnacht, 4000 Jahre Kupfer- und Bronze-guss im Experiment. In: M. Fansa (Hrsg.), Experimentelle Archäologie. Bilanz 1994. Symposium in Duisburg, August 1993. Arch. Mitt. aus Nordwestdeutschland, Beih. 8 (Oldenburg 1995) 237–247.
- Felchlin 1971:* M. Felchlin, Das Arkanum der Matzendorfer Keramiken. Jahrb. f. Solothurnische Gesch. 44, 1971, 5–55.
- Feldhaus 1914:* F. M. Feldhaus, Die Technik. Ein Lexikon der Vorzeit, der Geschichtlichen Zeit und der Naturvölker (1914; Reprint Wiesbaden 1970).

- Fetz u. a. 2003: H. Fetz / C. Meyer-Freuler / J. Gerig, Der Vicus Sursee – eine römische Kleinstadt zwischen Mittelland und Alpen. Surseer Schriften Geschichte und Gegenwart 6 (Sursee 2003).
- Feugère 1997A: M. Feugère, L'artisanat. In: C. Sireix (Hrsg.), Les fouilles de la place des Grands-Hommes à Bordeaux. Pages d'Archéologie et d'histoire Gironnaises 3 (Bordeaux 1997) 111–136.
- Feugère 1997B: M. Feugère, Le mobilier métallique et les petits objets. In: M. Genin / M.-O. Lavendhomme, Rodumna (Roanne, Loire), le village gallo-romain. Évolution des mobiliers domestiques. Documents d'arch. Française 66 (Paris 1997) 59–65.
- Fichter / Hochhaus 1979: Ergebnisse zur Herstellungsweise von vier römischen Fibeln des 1. Jahrhunderts aus Augst. In: Riha 1979, 39–40.
- Fischer 2009: A. Fischer (m. einem Beitr. v. M. Peter), Vorsicht Glas! Die römischen Glasmanufakturen von Kaiseraugst. Forsch. Augst 37 (Augst 2009).
- Fischer u. a. 1998: U. Fischer u. a., Grabungen im römischen Vicus von Nida-Heddernheim 1961–1962. Schr. d. Frankfurter Mus. f. Ur- u. Frühgesch. 14 (Frankfurt 1998).
- Fleury 1909: E. Fleury, Le Sidérolithique Suisse. Mitt. d. Naturf. Ges. in Freiburg (Schweiz) 6 (Fribourg 1909).
- Forbes 1950: R.J. Forbes, Metallurgy in Antiquity. A Notebook for Archaeologists and Technologists (Leiden 1950).
- Freestone 1989: I.C. Freestone, Refractory Materials and Their Procurement. In: A. Hauptmann / E. Pernicka / G.A. Wagner, Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium «Old World Archaeometallurgy», Heidelberg 1987 (Bochum 1989) 155–162.
- Freestone / Tite 1986: I.C. Freestone / M.S. Tite, Refractories in the Ancient and Preindustrial World. In: W.D. Kingery (Hrsg.), High-Technology Ceramics. Past, Present, and Future. The Nature of Innovation and Change in Ceramic Technology. Ceramics and Civilisation 3 (Westerville 1986) 35–63.
- Fremersdorf 1950: F. Fremersdorf, Neue Beiträge zur Topographie des römischen Köln. RGF 18 (Berlin 1950).
- Frere 1972: S. Frere (Hrsg.), Verulamium Excavations 1. Reports Research Com. Soc. Antiqu. London 28 (Oxford 1972).
- Fröhlich 1974: M. Fröhlich, Benvenuto Cellini. Abhandlungen über die Goldschmiedekunst und die Bildhauerei (Basel o.J. [1974]).
- Frosdick 2008: R. Frosdick, Geweihverarbeitung in drei frühmittelalterlichen Siedlungen der Nordwestschweiz. ZAK 65, Heft 1/2, 2008, 120–122.
- Fünfschilling 2006: S. Fünfschilling (mit Beitr. v. M. Schaub / V. Serneels), Das Quartier «Kurzenbettli» im Süden von Augusta Raurica. Forsch. Augst 35 (Augst 2006).
- Furger 1995: A.R. Furger / J. Riederer, Aes und aurichalcum. Empirische Beurteilungskriterien für Kupferlegierungen und metallanalytische Untersuchungen an Halbfabrikaten und Abfällen aus metallverarbeitenden Werkstätten in Augusta Raurica. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 16, 1995, 115–180.
- Furger 1998A: A.R. Furger, Die Bronzeworkstätten in der Augster Insula 30. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 19, 1998, 121–140.
- Furger 1998B: A.R. Furger, Zwei Werkzeuge aus der Augster Insula 30 und ihre Rekonstruktion. In: J. Tauber (Hrsg.), «Keine Kopie an niemand». Festschr. Jürg Ewald. Arch. u. Mus. 39 (Liestal 1998) 31–37.
- Furger 2011: A.R. Furger, Erinnerungen und Anekdoten zu Augusta Raurica. AUGUSTA RAURICA 2011 / Sondernummer, 2–43.
- Furger / Deschler-Erb 1992: A.R. Furger / S. Deschler-Erb (mit Beitr. v. M. Peter / M. Währen), Das Fundmaterial aus der Schichtenfolge beim Augster Theater. Typologische und osteologische Untersuchungen zur Grabung Theater-Nordwestecke 1986/87. Forsch. Augst 15 (Augst 1992).
- Furger / Wartmann / Riha 2009: A.R. Furger / M. Wartmann / E. Riha (m. Beitr. v. K. Hunger / E. Hildbrand / V. Hubert / M. Wörle / J.E. Spangenberg), Die römischen Siegelkapseln aus Augusta Raurica. Forsch. Augst 44 (Augst 2009).
- Furger-Gunti 1979: A. Furger-Gunti, Die Ausgrabungen im Basler Münster I. Die spätkeltische und augusteische Zeit (1. Jahrhundert v. Chr.). Basler Beitr. Ur- u. Frühgesch. 6 (Derendingen 1979).
- G.H. 1744: G.H. (Autor nicht näher bekannt), Neu-eröffnetes Probier-Buch. Darinnen nicht nur Alle Geheimnisse der Probier-Kunst ... (Lübeck 1744).
- Gaiu 2011: C. Gaiu, Vestigii ale metalurgiei bronzului în castrul roman de la Ilișua. Revista Bistriței 25, 2011, 169–178.
- García Ten u. a. 2010: J. García Ten u. a., Thermal conductivity of traditional ceramics. Part I: Influence of bulk density and firing temperature. Ceramics International 36, 2010, 1951–1959.
- Gardi 1969: R. Gardi, Unter afrikanischen Handwerkern. Begegnungen und Erlebnisse in Westafrika (Bern 1969).
- Gebers 1981: W. Gebers, Bosau. Untersuchungen einer Siedlungskammer in Ostholstein 5. Der slawische Burgwall auf dem Bischofswardev, Teil 1. Katalog und Beilagen. Offa-Bücher 45 (Neumünster 1981).
- Gelichi 2009: S. Gelichi (Hrsg.), L'Isola del Vescovo. Gli scavi archeologici intorno alla Cattedrale di Comacchio (The archaeological excavations nearby the Comacchio cathedral). Mostra Archaeologica, Comacchio 2006–2008 (Borgo San Lorenzo 2009).
- Georges 1962: K.E. Georges, Ausführliches lateinisch-deutsches Handwörterbuch (Basel 1962¹¹).
- Gerster 1983: A. Gerster, Vicques. Die gallo-römische Villenanlage von Vicques/Delsberg/Jura. Rekonstruktion einer archäologischen Arbeit (Porrentruy 1983).
- Gettings 1981: F. Gettings, Dictionary of Occult, Hermetic and Alchemical Sigils (London / Boston / Henley 1981).
- Gmelin-Institut 1964: Gmelin-Institut (Hrsg.), Die Alchemie des Andreas Libavius. Ein Lehrbuch der Chemie aus dem Jahre 1597 (Frankfurt 1964).
- Goodburn 1976: R. Goodburn, The Roman Villa Chedworth (London 1976).
- Goren u. a. 2011: Y. Goren / H. Mommsen / J. Klinger, Non-destructive provenance study of cuneiform tablets using portable X-ray fluorescence (pXRF). Journal of Archaeological Science 38, 2011, 684–696.
- Gowland 1912: W. Gowland, The metals in antiquity. The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland 42, 1912, 235–287.
- Greff 1993: G. Greff, Les bronziers du site gallo-romain de Bliesbruck (Moselle): reconstitution expérimentale de techniques de fusion. In: J.-M. Massing / J.-P. Petit (Hrsg.), Etudes offertes → Jean Schaub. Blesa 1, 1993, 79–84.
- Greiff u. a. 2012: S. Greiff / Z. Hezarkhani / D. Ankner / M. Müller-Karpe, Frühes Messing? – Zur Verwendung von Zink in urartäischen Kupferlegierungen. In: S. Kroll u. a. (Hrsg.), Biainili-Urartu. The Proceedings of the Symposium held in Munich 12–14 October 2007. Acta Iranica 51 (Leuven 2012) 417–426.
- Grezet 2010: C. Grezet u. a., Ausgrabungen in Kaiseraugst im Jahre 2009. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 31, 2010, 141–183.
- Grezet 2014: C. Grezet (mit Beitr. v. M. Allemann / S. Cox / A.R. Furger / L. Grolimund / T. Nerini), Ausgrabungen in Kaiseraugst im Jahre 2013. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 35, 2014, 55–106.
- Groenwoudt / Erdrich 1997: B. Groenwoudt / M. Erdrich, Spätkaiserzeitliche germanische Metallverarbeitung in Bathmen (Prov. Overijssel, Niederlande). Arch. Korbl. 27, 1997, 301–314.
- Grubenmann / Letsch 1907: U. Grubenmann / E. Letsch, Geologische Einzelbeschreibung der schweizerischen Tonlagerstätten geordnet nach Kantonen. In: Geolog. Komm. d. Schweiz. Naturf. Ges. (Hrsg.), Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, 4. Lieferung: Die Schweizerischen Tonlager. Geologischer Teil (Bern 1907).
- Gruber u. a. 2011: C. Gruber / B. Bahrig / A.R. Furger, Aktuelle Korrosionsgefahr? Nachweis von Düngerresten im Boden von Augusta Raurica. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 32, 2011, 201–222.

- Gschwantler / Winter 1991: K. Gschwantler / H. Winter, Bronzwerkstätten in der Austria Romana. Ein Forschungsprojekt. Röm. Österreich 17/18, 1989–1990 (1991), 107–142.
- Gschwind 1997: M. Gschwind, Bronzegegesser am raetischen Limes. Zur Versorgung mittelkaiserzeitlicher Auxiliareinheiten mit militärischen Ausrüstungsgegenständen. Germania 75, 1997, 607–638.
- Gschwind 2000: M. Gschwind, Zur Metallverarbeitung. In: G. Weber (Hrsg.), Cambodunum – Kempten. Erste Hauptstadt der römischen Provinz Raetien? (Mainz 2000) 99–102.
- Gudea 1989: N. Gudea, Porolissum. Un complex arheologic dacoroman la marginea de nord a Imperiului Roman 1. Acta Musei Porolissensis 13 (Zalău 1989).
- Günther 1990: K. Günther, Siedlung und Werkstätten von Feinschmieden der älteren Römischen Kaiserzeit bei Warburg-Daseburg. Bodenaltertümer Westfalens 24 (Aschaffendorf/Münster 1990).
- Gustavs 1989: S. Gustavs, Werkabfälle eines germanischen Feinschmiedes von Klein Körös, Kr. Königs Wusterhausen. Veröff. d. Mus. f. Ur- u. Frühgesch. Potsdam 23, 1989, 147–180.
- Guzzo 1975: P. G. Guzzo, Due crogioli per oro da Scalea. Mélanges de l'école Française de Rome, Antiquité (MEFRA) 87/1, 1975, 69–77.
- Hagendorn u. a. 2003: A. Hagendorn u. a., Zur Frühzeit von Vindonissa. Auswertung der Holzbauten der Grabung Windisch-Breite 1996–1998. Veröff. GPV 18 (Brugg 2003).
- Haller 1996: A. Haller, «Bericht über meine Erfahrungen als Modellformer und Bronzegegesser» [in der Firma IRG Gunzenhauser AG in Sissach / BL] und «Bericht über meine Lehrzeit bei Freddy Röthlisberger in Reinach / AG» (unpublizierte interne Arbeitsberichte für Augusta Raurica, 1996, 7 resp. 8 Seiten).
- Halleux 1981: R. Halleux, Les alchimistes Grecs 1. Papyrus der Leyde, papyrus de Stockholm, fragments de recettes (Paris 1981).
- Hammer 2000: P. Hammer, Zur Gruppierung von Kupferlegierungen – Der Terminus „Aes“ bei Plinius. Metalla 7/1, 2000, 23–32.
- Hanel 1995: N. Hanel, Vetera I. Die Funde aus den römischen Lagern auf dem Fürstenberg bei Xanten. Rhein. Ausgr. 35 (Köln/Bonn 1995).
- Hänggi u. a. 1994: R. Hänggi / C. Doswald / K. Roth-Rubi, Die frühen römischen Kastelle und der Kastell-Vicus von Tenedo-Zurzach. Veröff. GPV 11 (Brugg 1994).
- Hartley 1954: B. R. Hartley, Bronze-Worker's Hearth. Journ. of the Chester Arch. Society 41, 1954, 1–14.
- Haupt 1984: D. Haupt, Römischer Töpferbezirk bei Soller, Kr. Düren. Bericht über eine alte Ausgrabung. Beitr. Arch. röm. Rheinlandes 4. Rhein. Ausgrabungen 23 (Köln 1984) 391–476.
- Hauptmann / Weisgerber 2004: A. Hauptmann / G. Weisgerber, Die Schmelztiegel von Walheim: Belege für Guss in der verlorenen Form? In: K. Kortüm / J. Lauber, Walheim I. Das Kastell II und die nachfolgende Besiedlung. Forsch. u. Ber. z. Vor- u. Frühgesch. in Baden-Württemberg 95 (Stuttgart 2004) 543–550.
- Hauser 1921: O. Hauser, Urmensch und Wilder. Eine Parallele aus Urwelttagen und Gegenwart (Berlin 1921).
- Hausmann 1994: R. F. Hausmann (Hrsg.), Römisches Gleisdorf. Museums katalog Heimatmuseum Gleisdorf (Gleisdorf 1994).
- Hawkes / Hull 1947: C. F. C. Hawkes / M. R. Hull, Camulodunum. First Report on the Excavations at Colchester 1930–1939. Reports Research Com. Soc. Antiqu. London 14 (Oxford 1947).
- Heilmeyer 1993: W. D. Heilmeyer, Progresso tecnico nella fusione dei bronzi di et → classica? In: E. Formigli (Hrsg.), Antiche officine del bronzo. Materiali, strumenti, tecniche (Siena 1993) 13–28.
- Hein u. a. 2008: A. Hein u. a., Thermal conductivity of archaeological ceramics: The effect of inclusions, porosity and firing temperature. Thermochimica Acta 480, 2008, 35–42.
- Helas 2013: S. Helas, Eine früheisenzeitliche Bronzwerkstatt in Gabii/Latium. Vortrag am sechsten Treffen «Etrusker und Italiker. Aktuelle Forschungen» am 01.06.2013 in Mainz (unpubliziert).
- Helfert 2010: M. Helfert, Gross-Gerau II. Die römischen Töpfereien von Gross-Gerau, „Auf Esch“. Archäologische und archäometrische Untersuchungen zur Keramikproduktion im Kastellvicus. Frankfurter Arch. Schr. 11 (Bonn 2010).
- Helfert 2013: M. Helfert, Die portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (P-ED-RFA). Studie zu methodischen und analytischen Grundlagen ihrer Anwendung in der archäologischen Keramikforschung. In: B. Ramminger / O. Stilborg / M. Helfert (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Analysen vor- und frühgeschichtlicher Keramik III: Methoden, Anwendungsbereiche, Auswertungsmöglichkeiten. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 238 (Bonn 2013) 11–43.
- Helfert u. a. 2011: M. Helfert / O. Mecking / F. Lang / H.-M. von Kaenel, Neue Perspektiven für die Keramikanalytik. Zur Evaluation der portablen energiedispersiven Röntgenfluoreszenzanalyse (P-ED-RFA) als neues Verfahren für die geochemische Analyse von Keramik in der Archäologie. Frankfurter elektronische Rundschau zur Altertumskunde 14, 2011, 1–30.
- Helfert / Böhme 2010: M. Helfert / D. Böhme, D., Herkunftsbestimmung von römischer Keramik mittels portabler energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (p-ED-RFA) – erste Ergebnisse einer Anwendungsbezogenen Teststudie. In: B. Ramminger / O. Stilborg (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Analysen vor- und frühgeschichtlicher Keramik I: Methoden, Anwendungsbereiche, Auswertungsmöglichkeiten. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 176 (Bonn 2010) 11–30.
- Helfert / Furger 2017: M. Helfert / A. R. Furger, Archäometrische Untersuchungen in Augusta Raurica: Schmelztiegel, Schmelzgrube *in situ* und Gusskerne von Grossbronzen. In: M. Kemkes / S. Matešić (Hrsg.), Römische Grossbronzen am UNESCO-Welterbe Limes. Beiträge zum Welterbe Limes Band 9 (Darmstadt 2017) 174–185.
- Helfert / Ramminger 2012: M. Helfert / B. Ramminger, Neue Perspektiven für geochemische Untersuchungen von neolithischen Stein geräten. Ein Methodenvergleich zwischen portabler energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (P-ED-RFA) und wellenlängendispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (WD-RFA) am Beispiel von bandkeramischen Dechselklingen aus Diemarden (Süd niedersachsen) (Hamburg 2012).
- Hensen 1994: A. Hensen, Das Mithräum im Vicus von Wiesloch. Arch. Nachr. aus Baden 51/52, 1994, 30–37.
- Higelin 2015: M. Higelin, Métallurgistes et tabletiers, des artisans encore discrets → Brumath. In: B. Schnitzler (Hrsg.), Brumath-Brocomagus. Capitale de la cité des Triboques. Fouilles récentes en Alsace 9 (Strasbourg 2015) 146–151.
- Hildebrandt 1985: L. H. Hildebrandt (unter Mitwirkung v. H. Mohr), Der Bergbau bei Wiesloch. Über 2000 Jahre Silber-, Blei und Zinkgewinnung. Lapis 10, 1985, Nr. 12, 15–22.
- Hildebrandt 2004: L. H. Hildebrandt, 2000 Jahre Blei-Zink-Silber-Bergbau in Wiesloch bei Heidelberg – eine Übersicht. Zeitschr. z. Gesch. des Berg- und Hüttenwesens 10/2, 2004, 4–26.
- Hildebrandt 2005: L. H. Hildebrandt, Ferrum, plumbum et argentum. Spuren des römischen Bergbaus. In: S. Schmidt (Red.), Imperium Romanum 2. Roms Provinzen an Neckar, Rhein und Donau (Stuttgart 2005) 399–402.
- Hilgers 1969: W. Hilgers, Lateinische Gefässnamen. Bezeichnung, Funktion und Form römischer Gefässe nach den antiken Schriftquellen. Beih. der Bonner Jahrb. 31 (Düsseldorf 1969).
- Hochuli-Gysel u. a. 1986: A. Hochuli-Gysel / A. Siegfried-Weiss / E. Ruoff / V. Schaltenbrand, Chur in römischer Zeit 1. Ausgrabungen Areal Dosch. Antiqua 12 (Basel 1986).
- Hochuli-Gysel / Picon 1999: A. Hochuli-Gysel / M. Picon, Les creusets en graphite découvertes → Avenches / Aventicum. Bull. Assoc. Pro Aventico 41, 1999, 209–214.
- Hofmann / Peters 1969: F. Hofmann / T. Peters, Untersuchungen über die Verwendbarkeit schweizerischer Rohstoffe als Bindetone für Giessereiformsande. Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechnische Ser., Lief. 473 (Bern 1969).
- Horisberger / Hufschmid 1995: M. Horisberger / Th. Hufschmid, Das römische Theater von Augst. Sanierungs- und Forschungsarbeiten 1994. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 16, 1995, 91–103.

- Hudeczek 1988: E. Hudeczek, Zu den Kleinbronzezeigereien in Flavia Solva (Steiermark). In: K. Gschwantler / A. Bernhard-Walcher (Hrsg.), Griechische und römische Statuetten und Grossbronzen. Akten der 9. Internationalen Tagung über antike Bronzen. Wien, 21.–25. April 1986 (Wien 1988) 341–345.
- Hufschmid 1998: Th. Hufschmid (mit einem Beitr. v. M. Horisberger), Das römische Theater von Augst. Sanierungs- und Forschungsarbeiten 1997. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 19, 1998, 93–110.
- Hunger u. a. 1990: K. Hunger / E. Hildbrand / V. Hubert / M. Wörle, Chemische und werkstoffkundliche Analysen an römischen Siegelkapseln aus Augusta Raurica. In: Furger/Wartmann/Riha 2009, 115–143.
- Hurst 1996: S. Hurst, Metal casting. Appropriate technology in the small foundry (Bourton on Dunsmore 1996).
- Im-Thurm 1840: E. Im-Thurm, Historisch-geographisch-statistisches Gemälde der Schweiz 12. Der Canton Schaffhausen (St. Gallen / Bern 1840).
- Jablonski 1748: J. Th. Jablonski, Allgemeines Lexicon der Künste und Wissenschaften ... (Königsberg/Leipzig 1748²). Onlineausgabe: <http://reader.digitale-sammlungen.de/resolve/display/bsb10351903.html> (30.12.2011).
- Jacobi 1897: L. Jacobi, Das Römerkastell Saalburg bei Homburg vor der Höhe (Homburg vor der Höhe 1897).
- Jacobi 1904: L. Jacobi, Das Kastell Alteburg-Heftrich. ORL Abt. B, Bd. 2a, Nr. 9 (Berlin 1904).
- Janietz 2000A: B. Janietz, Appendix B zu Testimonium 2: Der technologische Befund an den Bronzeplatten und die Rekonstruktion der Inschriften der beiden Statuenbasen. In: P.-A. Schwarz / L. Berger (Hrsg.), Tituli Rauricenses 1. Testimonien und Aufsätze. Zu den Namen und ausgewählten Inschriften von Augst und Kaiseraugst. Forsch. Augst 29 (Augst 2000) 55–75.
- Janietz 2000B: B. Janietz (mit Beitr. v. M. Maggetti / J. Riederer / M. Wartmann, unter Mitarbeit v. E. Schaller und Abteilung Schaden- und Werkstoffanalytik, Sulzer Innotec AG), Ein Depot zerschlagener Grossbronzen aus Augusta Raurica. Die Rekonstruktion der Gewandfiguren. Forsch. Augst 30 (Augst 2000).
- Janietz Schwarz 1991: B. Janietz Schwarz, Katalog und Kommentar zu den Bronzefunden. In: P.-A. Schwarz, Neue Erkenntnisse zum Forums-Altar und Forums-Tempel in Augusta Rauricorum (Augst BL). Die Ergebnisse der Grabung 1990.54. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 12, 1991, 161–197 bes. 189–195.
- Janietz Schwarz / Rouiller 1996: B. Janietz Schwarz / D. Rouiller (mit Beitr. v. M. Maggetti / Th. Reiss / J. Riederer / B. Rütli / E. Schaller), Ein Depot zerschlagener Grossbronzen aus Augusta Raurica. Die Rekonstruktion der beiden Pferdestatuen und Untersuchungen zur Herstellungstechnik. Forsch. Augst 20 (Augst 1996).
- Janke 1989: D. Janke, Technik und Herkunft mittelalterlicher Ofenkacheln aus der Nordwestschweiz (unpubl. Diplomarbeit Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Freiburg / Schweiz 1989).
- Jantzen 2008: D. Jantzen (mit einem Beitr. v. J. Riederer), Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit. Prähist. Bronzefunde 19/2 (Stuttgart 2008).
- Johannsen 1925: O. Johannsen, Biringuccios Pirotechnia. Ein Lehrbuch der chemisch-metallurgischen Technologie und des Artilleriewesens aus dem 16. Jahrhundert (Braunschweig 1925).
- Jones 1980: M. U. Jones, Metallurgical finds from a multi-period settlement at Mucking, Essex. In: W. A. Oddy (Hrsg.), Aspects of Early Metallurgy. British Museum Occasional Paper 17 (London 1980) 117–120.
- Jornet 1980: A. Jornet, Composition de la céramique romaine d'Augusta Raurica (Augst). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 60, 1980, 271–285.
- Jornet 1982: A. Jornet, Analyse minéralogique et chimique de la céramique romaine Suisse → enduit brillant (PhD Thesis n°846, Institut de Minéralogie et de Pétrographie, Université de Fribourg; Fribourg 1982).
- Jornet/Maggetti 1986: A. Jornet / M. Maggetti, Chemische Analyse von 40 Scherben der Grabungen beim Augster Osttor im Jahre 1966, Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 5, 1986, 107–122.
- Jornet/Maggetti 2003: A. Jornet / M. Maggetti, Analyse chimique, minéralogique et technique de la céramique de vaisselle de Liebrüti. In: T. Tomasevic Buck (mit einem Beitr. v. A. Jornet / M. Maggetti), Augusta Raurica. Probleme, Anregungen und Neufunde. Schriften des Vorarlberger Landesmuseums A/7 (Bregenz 2003) 55–79.
- Kaufmann-Heinimann 1998: A. Kaufmann-Heinimann, Götter und Lararien aus Augusta Raurica. Herstellung, Fundzusammenhänge und sakrale Funktion figürlicher Bronzen in einer römischen Stadt. Forsch. Augst 26 (Augst 1998).
- Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994: A. Kaufmann-Heinimann / D. Liebel, Legierungen figürlicher Bronzen aus der Colonia Raurica. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 15, 1994, 225–238.
- Kearns u. a. 2010: Th. Kearns / M. Martínón-Torres / T. Thilo Rehren, Metal to mould: alloy identification in experimental casting moulds using XRF. Historical Metallurgy 44(1), 2010, 48–58.
- Kehrer 1922: L. Kehrer, Beiträge zur Kenntnis der Geologie von Olten-Aarburg und Umgebung (Diss. Basel, Aarau 1922).
- Khevenhüller 1958: G. Khevenhüller, Zur Metallurgie der Eisen- und Bronzefunde. In: R. Egger, Die Ausgrabungen auf dem Magdalensberg 1954 und 1955. Carinthia I 148, 1958, 3–173 bes. 145–150.
- Kilikoglou u. a. 1995: V. Kilikoglou / G. Vekinis / Y. Maniatis, Toughening of ceramic earthenwares by quartz inclusions: an ancient art revisited. Acta Metallurgica et Materialia 43/8, 1995, 2959–2965.
- Kluge 1927: K. Kluge, Die antike Erzgestaltung und ihre technischen Grundlagen. Die antiken Grossbronzen 1 (Berlin 1927).
- Knauseder 2010: D. Knauseder, Metallverarbeitung in Iuvavum / Salzburg. In: M. Meyer / V. Gassner (Hrsg.), Standortbestimmung. Akten des 12. Österreichischen Archäologentages vom 28.2. bis 1.3.2008 in Wien (Wien 2010) 187–196.
- Knöpfli 1997: H. Knöpfli, Lost-wax casting. In: H. Knöpfli, Crafts and technologies: Some traditional craftsmen of the Western Grasslands of Cameroon. British Mus. occasional papers 107 (London 1997) 31–52.
- Köhne 2010: R. Köhne, Römisch-Germanische Bleiwirtschaft in Westfalen. Geogr. Komm. für Westfalen, 2010, 126–127.
- Kolšek 1993: V. Kolšek, Die Bronzen aus Celeia. In: J. Arce / F. Burkhalter (Hrsg.), Bronces y religion Romana (Madrid 1993) 261–273.
- König 2014: D. K. König, Roman metallurgical ceramics: an archaeological approach. GeoFocus 36 (Diss. Fribourg 2014).
- König 2015: D. König, Petrografische und geochemische Beschreibung römischer Schmelztiegel in Bezug auf deren Vergleichbarkeit. Beispiele aus Augusta Raurica (Augst / BL und Kaiseraugst / AG) und Aventicum (Avenches / VD). Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 36, 2015, 217–232.
- König/Serneels 2010: D. König / V. Serneels, Geochemical and mineralogical examinations of roman crucibles from Autun (France). In: Department of Geosciences (Hrsg.), Abstract Vol., 8th Swiss Geoscience Meeting, Fribourg, 19th – 20th November 2010. 2. Mineralogy-Petrology-Geochemistry (Fribourg 2010) 74.
- König/Serneels 2013: D. König / V. Serneels, Roman double-layered crucibles from Autun / France: a petrological and geochemical approach. Journ. of Arch. Science 40, 2013, 156–165.
- Kortüm/Lauber 2004: K. Kortüm / J. Lauber, Wahlheim I. Das Kastell II und die nachfolgende Besiedlung. Forsch. u. Ber. z. Vor- u. Frühgesch. in Baden-Württemberg 95 (Stuttgart 2004).
- Krabath 2006: St. Krabath, Eine Gussform der späten Bronzezeit / frühen Eisenzeit vom Gräberfeld «Im Niederen Felde» bei Holzminden. Überlegungen zu vorgeschichtlichen Schmelztiegeln, irdenen Gussformen und Metallschmelzöfen in Mittel- und Nordeuropa. In: W.-R. Teegen u. a. (Hrsg.), Studien zur Lebenswelt der Eisenzeit. Festschr. für Rosemarie Müller. RGA Ergänzungsbd. 53 (Berlin / New York 2006) 369–431.
- Krabath u. a. 1999: St. Krabath u. a., Die Herstellung und Verarbeitung von Buntmetall im karolingerzeitlichen Westfalen. In: Chr.

- Stiegemann / M. Wemhoff (Hrsg.), 799 – Kunst und Kultur der Karolingerzeit. Karl der Grosse und Papst Leo III. in Paderborn (Mainz 1999) 430–437.
- Kraus 1999: K. Kraus, Die Befunde der Insula 39 in der Colonia Ulpia Traiana (Xanten). BAR Int. Ser. 797 (Oxford 1999).
- Krünitz 1773–1858: J. G. Krünitz, Oeconomische Encyclopädie oder allgemeines System der Land-, Haus- und Staats-Wirtschaft in alphabetischer Ordnung (Berlin 1773–1858). Onlineausgabe: <http://www.kruenitz1.uni-trier.de/> (30.12.2011).
- Lamm 1973: K. Lamm, The Manufacture of Jewellery during the Migration Period at Helgö in Sweden. Bull. of the Hist. Metallurgy Group 7/1, 1973, 1–7.
- Lammers 2009: D. Lammers, Das karolingisch-ottonische Buntmetallhandwerker-Quartier auf dem Plettenberg in Soest. Soester Beitr. z. Arch. 10 (Soest 2009).
- Lang u. a. 2012: F. Lang / D. Knauseder / W. K. Kovacovics, Handwerk im *municipium Claudium Iuvanum* – Salzburg. Keramik-, Metall- und Beinbearbeitung. In: F. Lang u. a. (Hrsg.), Stadt, Land, Fluss/Weg. Aspekte zur römischen Wirtschaft im nördlichen Noricum. Archaeo Plus 3 (Salzburg 2012) 95–117.
- Laur-Belart 1970: R. Laur-Belart, Auf den Spuren der römischen Bronzegiesser von Augusta Raurica. Sondernummer der Metallwerke AG Dornach (Oktober 1970) 25.
- Lazar 1962: I. Lazar, Celeia. Arheološka podoba mesta. An Archaeological Image of the Town (Celje 1962).
- Lazar 1997: I. Lazar, Obrti rimske Celeje [Gewerbebezirke im römischen Celeia]. Kronika 45, 1997, 1–7.
- Lechtman/Klein 1999: H. Lechtman / S. Klein, The Production of Copper-Arsenic Alloys (Arsenic Bronze) by Cosmelting: Modern Experiment, Ancient Practice. Journ. of Arch. Science 26/5, 1999, 497–526.
- Leube 1996: A. Leube, Ein frühgeschichtliches (?) Schmiedegerätdepot von Jütchendorf bei Zossen im Teltow. Acta Praehist. et Arch. 28, 1996, 59–93.
- Leuthardt 1906: F. Leuthardt, Beiträge zur Kenntnis der Hupper-Ablagerungen im Basler Jura. Eclogae Geol. Helvetiae 9/1, 1906, 145–147.
- Libavius 1597: Andreas Libavius, Alchemia Andreae Libavii ... (Frankfurt 1597).
- Löhr/Zedelius 1979: H. Löhr / V. Zedelius, Der Schlangenbergr. Ein Platz der frühromischen Okkupation bei Stolberg-Breiningenberg, Kreis Aachen. Ausgr. im Rheinland 1979 (1980) 93–99.
- Lucas/Harris 1962: A. Lucas / J. R. Harris, Ancient Egyptian materials and industries (London 1926¹; 1962⁴; reprint London 1999).
- Lüder 1952: E. Lüder, Handbuch der Löttechnik. Eine Technologie des Lötens (Berlin 1952).
- Lutz/Pernicka 1996: J. Lutz / E. Pernicka, Energy dispersive X-ray fluorescence analysis of ancient copper alloys: Empirical values for precision and accuracy. Archaeometry 38/2, 1996, 313–323.
- Macháček u. a. 2007: J. Macháček / G. Miroslava / M. Hložek / J. Hošek, Raně středověká kovodělná výroba na Pohansku u Břeclavi. Frühmittelalterliche metallverarbeitende Produktion in Pohansko bei Břeclav. Památky Arch. 98, 2007, 129–184.
- Madsen 1984: H. B. Madsen, Metal-casting. Techniques, Production and Workshops. In: M. Bencard (Hrsg.), Ribe Excavations 1970–76, vol. 2 (Esbjerg 1984).
- Maggetti/Galetti 1982: M. Maggetti / G. Galetti, Die Referenzgruppe(n) Lousonna – mineralogische und chemische Untersuchungen der keramischen Produktion der Töpferwerkstätte Berna, Sektor 25 und Sektor 23. Jahresber. Schweizerischen Ges. Ur- u. Frühgesch. 65, 1982, 109–132.
- Maggetti/Galetti 1993: M. Maggetti / G. Galetti, Die Baukeramik von Augusta Raurica – eine mineralogisch-chemisch-technische Untersuchung. Zur Herstellung und Verbreitung der in Kaiseraugst produzierten Ziegel der Legio Prima Martia. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 14, 1993, 199–225.
- Maggetti/Galetti 2000: M. Maggetti / G. Galetti, Naturwissenschaftliche Analyse der Fayence von Matzendorf. In: A. Vogt u. a., 200 Jahre keramische Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf 1798–1998 (Matzendorf 2000) 99–183.
- Maggetti/Pfeifer 1993: M. Maggetti / H.-R. Pfeifer, Analysen von 7 Tonproben der Grabung Kaiseraugst / Im Liner 1992.11. In: U. Müller u. a., Ausgrabungen in Kaiseraugst im Jahre 1992. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 14, 1993, 131–133.
- Malcolm 1923: L. W. G. Malcolm, A Note on Brass-casting in the Central Cameroon. Man, 1923, 1–4.
- Mallwitz/Schiering 1964: A. Mallwitz / W. Schiering, Die Werkstatt des Phedias in Olympia. Olymp. Forsch. 5 (Berlin 1964).
- Mangin 1981: M. Mangin, Un quartier de commerçants et d'artisans → Alesia. Contribution → l'histoire de l'habitat urbain en Gaule. Bibl. Pro Alesia 8 (Dijon 1981).
- Martin 1906: R. Martin, Die untere Süsswassermolasse in der Umgebung von Aarwangen. Eclogae Geol. Helvetiae 9/1, 1906, 77–117.
- Martin 1978: M. Martin, Römische Bronzegiesser in Augst BL. Arch. Schweiz 1, 1978, 112–120.
- Martin 1982: M. Martin (mit einem Beitr. v. A. Rosenthaler), Altes und Neues zur «Falschmünzerwerkstätte» im römischen Augst. Arch. Schweiz 5, 1982, 15–27.
- Martin-Kilcher 1980: S. Martin-Kilcher, Die Funde aus dem römischen Gutshof von Laufen-Müschhag. Ein Beitrag zur Siedlungsgeschichte des nordwestschweizerischen Jura. Schriftenr. Erziehungsdirektion Kanton Bern (Bern 1980).
- Martinón-Torres u. a. 2008: M. Martinón-Torres / I. C. Freestone / A. Hunt / Th. Rehren, Mass-Produced Mullite Crucibles in Medieval Europe: Manufacture and Material Properties. Journ. of the American Ceramic Soc. 91/6, 2008, 2071–2074.
- Martinón-Torres/Rehren 2002: M. Martinón-Torres / T. Rehren, Agricola and Zwickau: theory and practice of Renaissance brass production in SE Germany. Hist. Metallurgy 36, 2002, 95–111.
- Martinón-Torres/Rehren 2009: M. Martinón-Torres / Th. Rehren, Post-medieval crucible production and distribution: a study of materials and materialities. Archaeometry 51/1, 2009, 49–74.
- Martinón-Torres/Rehren 2014: M. Martinón-Torres / Th. Rehren, Technical Ceramics. In: B. W. Roberts / C. P. Thornton (Hrsg.), Archaeometallurgy in Global Perspective (New York 2014) 107–131.
- Martinón-Torres/Verocchio 2008: M. Martinón-Torres / V. Verocchio, Triangular crucibles from the Convent of San Domenico in L'Aquila. Arch. Postmedievale 12, 2008, 97–113.
- Mattusch 1977: C. C. Mattusch, Corinthian metalworking: the Forum area. Hesperia 46/4, 1977, 380–398, Taf. 99–104.
- Mauvilly u. a. 2001: M. Mauvilly u. a., La métallurgie du bronze au milieu de l'âge du Fer. Arch. Schweiz 24, 2001, 22–29.
- Metzger 1927: M. Metzger, Die Kunstschlosserei. Eine Darstellung der gesamten Praxis des modernen Kunstschlosserbetriebes. Lehr-, Hand- und Nachschlagebuch (Lübeck 1927⁴; Reprint Hannover 1986).
- Modarressi-Tehrani 2009: D. Modarressi-Tehrani, Untersuchungen zum früheisenzeitlichen Metallhandwerk im westlichen Hallstatt- und Frühlatènegebiet. Bochumer Forsch. z. ur- und frühgesch. Arch. 2 (Rahden 2009).
- Moesta 1983: H. Moesta, Erze und Metalle – ihre Kulturgeschichte im Experiment (Berlin/Heidelberg/New York 1983).
- Moosbrugger-Leu 1968: R. Moosbrugger-Leu, Ein unbekanntes Stück Römerstrasse im Jura. In: E. Schmid u. a. (Red.), Provincialia. Festschr. Rudolf Laur-Belart (Basel/Stuttgart 1968) 406–409.
- Mothes/Pernot 2008: Étude technologique d'un échantillon de mobiliers issus des ateliers de travail des métaux et alliages non ferreux. In: D. Pouille (Hrsg.), Rennes antique (Rennes 2008) 399–419.
- Mukherjee 1978: M. Mukherjee, Metalcraftsmen of India. Anthropological Survey of India, Memoir 44 (Calcutta 1978; reprint Kolkata 2009).
- Müller 1989: U. Müller, Ausgrabungen in Kaiseraugst im Jahre 1987. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 10, 1989, 177–194.
- Müller 2000: U. Müller (mit Beitr. v. R. Glauser / L. Grolimund), Ausgrabungen in Kaiseraugst im Jahre 1999. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 21, 2000, 97–118.

- Murawski/Meyer 2010: H. Murawski / W. Meyer, Geologisches Wörterbuch (Heidelberg 2010¹²).
- Murphy 1954: A.J. Murphy, Non-ferrous foundry metallurgy. The science of melting and casting non-ferrous metals and alloys (London 1954).
- Mutz 1962: A. Mutz, Über den Metall-Massenfund von Augusta Raurica. Ur-Schweiz 26, 1962, 18–24.
- Mutz 1972: A. Mutz, Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern. Interpretationen antiker Arbeitsverfahren auf Grund von Werkspuren (Basel und Stuttgart 1972).
- Mutz 1976: A. Mutz, Römisches Schmiedehandwerk. Augster Museumsh. 1 (Augst 1976).
- Naef 1984: U. Naef, Archäometrische Untersuchungen am römischen Silberschatz Kaiseraugst (Muttentz 1984).
- Nebelsick/Kohnke 1985: L.D. Nebelsick / H.-G. Kohnke, Eine hallstattzeitliche Siedlung mit Giesserei- und Schmiedeabfall von Niedererlbach (Niederbayern). Arch. Korbl. 15, 1985, 339–350.
- Needham 1976: J. Needham u. a., Science and civilisation in China 5. Chemistry and chemical technology III: Spagyric discovery and invention: historical survey, from cinnabar elixirs to synthetic insulin (Cambridge 1976).
- Needham u. a. 1980: J. Needham u. a., Science and civilisation in China 5. Chemistry and chemical technology IV: Spagyric discovery and invention: apparatus, theories and gifts (Cambridge 1980).
- Neuburger 1921: A. Neuburger, Die Technik des Altertums (Leipzig 1921³).
- Newman 1983: W. Newman, An introduction to alchemical apparatus in the late Middle Ages. Technologia. Histoire des sciences et des techniques – archéologie industrielle 6/3, 1983, 82–92.
- Nielen 2006: H.-D. Nielen, Zink oder Messing? Ein Beitrag zu den metallurgischen Tätigkeiten im Legionslager Neuss. Metalla 13/1 (Bochum 2006).
- Nin/Picon 2003: N. Nin / M. Picon, Céramiques d'usage commun et creusets artisanaux → l'époque Romaine. In: Société Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule (SFEAG). Actes du Congrès de Saint-Romain-en-Gal, mai-juin 2003 (Marseille 2003) 465–482.
- Nobile de Agostini 2008: I. Nobile de Agostini, Un modesto laboratorio artigianale a Como tra tarda antichità e alto medioevo. Zeitschr. f. Schweiz. Arch. u. Kunstgesch. 65, 2008, 145–149.
- Northover 1985: J. P. Northover, The complete examination of archaeological metalwork. In: P. Phillips (Hrsg.), *The archaeologist and the laboratory. Papers from the 1983 conference*. Council for British Archaeology Research Report 58 (London 1985) 56–59.
- Northover/Palk 2000: J. P. Northover, N. Palk, Industrial waste / technical analyses. In: M. Fulford / J. Timby, Late Iron Age and Roman Silchester. Britannia Monograph 15 (London 2000) 395–423.
- Nuber/Raub 1988: E. Nuber, Die antiken Münzen aus Rottweil, sowie Ch.J. Raub, Metallkundliche Untersuchungen. In: M. Kleee u. a., *Arae Flaviae IV*. Forsch. u. Ber. z. Vor- u. Frühgesch. in Baden-Württemberg 28 (Stuttgart 1988) 235–360 resp. 361–365.
- Oelmann 1914: F. Oelmann, Die Keramik des Kastells Niederbieber. Materialien z. Röm.-Germ. Keramik 1 (Frankfurt 1914).
- Oldeberg 1943: A. Oldeberg, Metalltechnik under förhistorisk tid 1 (Lund 1942).
- Oltrogge u. a. 1989: D. Oltrogge / S. Michon / R. Fuchs, «Laubwerk» – zur Texttradition einer Anleitung für Buchmaler aus dem 15. Jahrhundert. Würzburger medizinhist. Mitt. 7, 1989, 179–213.
- Orfanou/Rehren 2014: V. Orfanou / T. Rehren, A (not so) dangerous method: pXRF vs. EPMA-WDS analyses of copper-based artefacts. Arch. and Anthropol. Science 6, Vorversion Juni 2014.
- Oxé 1990: E. Oxé, Wird aus dem Augster «Schrottfund» eine bronzene Reiterstatue? In: A. R. Furger u. a., Hauptabteilung Augusta Raurica. Jahresbericht 1989. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 11, 1990, 5–23.
- Paccolat 1991: O. Paccolat, L'établissement gallo-romain de Boécourt, Les Montoyes (JU, Suisse). Cah. d'arch. jurassienne 1 (Porrentruy 1991).
- Paccolat/Schifferdecker 1992: O. Paccolat / F. Schifferdecker, Un lot de céramique gallo-romaine découvert → Lajoux JU, Puits Willy. Jahrb. SGUF 75, 1992, 167–176.
- Palmieri/Morbidelli 2002: A. M. Palmieri / P. Morbidelli, Tipologia e tecnologia di produzione dei crogioli di Arslantepe, Turchia (IV–II Mill. a. C.). In: A. Giumlia-Mair (Hrsg.), *I bronzi antichi. Produzione e tecnologia*. Atti del XV Congresso Internazionale sui Bronzi Antichi, Grado-Aquileia 22–26 maggio 2001. Monogr. Instrum. 21 (Montagnac 2002) 13–20.
- Pellegrino 2001: E. Pellegrino, La céramique de l'Ereste (Vence). In: P. Arnaud / M. Gazenbeek (Hrsg.), *Habitat rural antique dans les Alpes-Maritimes*. Actes de la table ronde 22 mars 1999 (Antibes 2001) 133–141.
- Pelletier u. a. 1991: J.-P. Pelletier u. a., Poterie, métallurgie et verre-rieau début du VIe s. → Gardanne (B.-du-Rh.). Doc. d'Arch. Méridionale 14, 1991, 277–350.
- Percy/Knapp 1862: J. Percy / F. Knapp, Die Metallurgie. Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legierungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung (Braunschweig 1862).
- Pernot 2011: M. Pernot, Quels métiers les arts des plombiers, bronziers et orfèvres impliquent-ils? In: N. Monteix / N. Tran (Hrsg.), *Les savoirs professionnels des gens de métier. Études sur le monde du travail dans les sociétés urbaines de l'empire Romain*. Archéologie de l'artisanat antique 5 = Coll. du Centre Jean Bérard 37 (Neapel 2011) 101–118.
- Peter 1990: M. Peter, Eine Werkstatt zur Herstellung von subaeraten Denaren in Augusta Raurica. Stud. Fundmünzen Ant. 7 (Berlin 1990).
- Peter 2001: M. Peter, Untersuchungen zu den Fundmünzen aus Augst und Kaiseraugst. Stud. Fundmünzen Ant. 17 (Berlin 2001).
- Pettersson/Lönnberg 2016: P. E. Pettersson / M. Lönnberg, A possible explanation for the presence of calcium and phosphorus in melting crucibles. Historical Metallurgy Society News. The Crucible 91, spring 2016, 4–5.
- Pferdehirt 1976: B. Pferdehirt, Die Keramik des Kastells Holzhausen. Limesforsch. 16 (Berlin 1976).
- Picon 2007: M. Picon, Où sont les creusets de la cémentation ayant servi → la fabrication du laiton? Instrumentum 26 (Montagnac 2007) 10–11.
- Picon u. a. 1995: M. Picon / M. Le Nezet-Celestin / A. Desbat, A., Un type particulier de grands récipients en terre réfractaire utilisés pour la fabrication du laiton par cémentation. Soc. Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule. Actes du Congrès de Rouen (Marseille 1995) 207–215.
- Pinette u. a. 1987: M. Pinette u. a., Autun Augustodunum. Capitale des Eduens (Autun 1987).
- Pinsker 1994: B. Pinsker, Die Kastelle der Römer auf dem Heidenberg. In: W. Czysz, Wiesbaden in der Römerzeit (Stuttgart 1994) 235–247.
- Ponting 2002: M. J. Ponting, Roman Military Copper-Alloy Artefacts from Israel: Questions of Organization and Ethnicity. Archaeometry 44/4, 2002, 555–571.
- Popham u. a. 1980: M. R. Popham u. a., Lefkandi I. The Iron Age. Text. The Settlement. The annual of the British School at Athens. Suppl. vol. 11 (Oxford 1980).
- Potts/West 2008: P. J. Potts / M. West (Hrsg.), Portable X-ray fluorescence spectrometry- capabilities for *in situ* analysis (Cambridge 2008).
- Poulsen 1977: E. Poulsen, Probleme der Werkstattbestimmung gegossener römischer Figuralbronzen. Herstellungsmilieu und Materialstruktur. Acta Arch. 48, 1977, 1–60.
- Poux u. a. 2011: M. Poux u. a., Coirent. Voyage au cœur d'une ville gauloise (Paris 2011).

- Presslinger u. a. 1993: H. Presslinger / Ch. Maier / Th. Lorenz, Metallurgische Untersuchungen an römischen Funden aus den Buntmetallwerkstätten im vicus von Gleisdorf. Berg- und hüttenmännische Monatsh. 138, 1993, 26–30.
- Pribitzer 2008: S. Pribitzer, Messing (Diplomarbeit am Gymnasium Sacré Coeur, Wien 2008). Onlineausgabe: http://aeccc.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/kompetenzzentrum_aeccc/Literatur/Fachbereichsarbeiten/FBAMessing.pdf (17.12.2013).
- Priesner/Figala 1998: C. Priesner / K. Figala (Hrsg.), Alchemie. Lexikon einer hermetischen Wissenschaft (München 1998).
- Rabeisen 1990: E. Rabeisen, L'art du bronzier: maîtrise d'une tradition. In: M. Jannet-Vallat (Hrsg.), Il était une fois la Côte-d'Or... 20 ans de recherches archéologiques (Dijon 1990) 126–131.
- Rabeisen 2010: E. Rabeisen, Une manière inédite de couler le bronze an Gaule romaine: la coulée pas inversion en creuset-moule fermé, l'exemple d'Alesia (Alise-Sainte-Reine, Côte d'Or). Instrumentum 31, 2010, 23–27.
- Rabeisen 2013: E. Rabeisen, Pour un protocole d'étude des moules et creusets de bronziers gallo-romains. In: B. Fort / N. Tisserand (Hrsg.): Le mobilier métallique et l'instrumentum: approches méthodologiques. Les Nouvelles de l'archéologie 131, Mars 2013, 44–48.
- Rabeisen u. a. 2010: E. Rabeisen / G. Saint-Didier / B. Gratuze, L'artisanat des alliages cuivreux → l'époque romaine: témoignages d'une production métallurgique → Javols-Anderitum (Lozère). Rev. Arch. Narbonnaise 43, 2010, 339–368.
- Rabeisen/Rebourg 1989: E. Rabeisen / A. Rebourg, Les ateliers de bronziers en Gaule Romaine: l'apport du Centre-Est. In: J. Bonnet u. a. (Hrsg.), Les bronzes antiques de Paris (Paris 1989) 469–476.
- Rageth 1983: J. Rageth, Römische Siedlungsüberreste von Zerne. Bündner Monatsbl. 5/6, 1983, 109–159.
- Ramin 1977: J. Ramin, La technique minière et métallurgique des Anciens. Collection Latomus 153 (Bruxelles 1977).
- Rehren 1995: T. Rehren, Bericht über die Untersuchung zweier römischer Gusstiegel aus Vetera Castra (Xanten). In: Hanel 1995, 326–334.
- Rehren 1997: T. Rehren, Tiegelméallurgie. Tiegelprozesse und ihre Stellung in der Archäometallurgie (Habil.-Schrift Bochum 1997).
- Rehren 1999: T. Rehren, Small size, Large Scale. Roman Brass Production in Germania Inferior. Journ. of Arch. Science 26, 1999, 1083–1087.
- Rehren 2002: T. Rehren, Die Gusstiegel von Köln-Porz. In: H.-E. Joachim, Porz-Lind. Ein mittel- bis spätlatènezeitlicher Siedlungsplatz im ‚Linder Bruch‘ (Stadt Köln). Rhein. Ausgr. 47 (Mainz 2002) 251–258.
- Rehren 2003: T. Rehren, Crucibles as Reaction Vessels in Ancient Metallurgy. In: P. Craddock / J. Lang (Hrsg.), Mining and Metal Production Through The Ages (London 2003) 207–215.
- Rehren u. a. 1993: T. Rehren u. a., Schlacken und Tiegel aus dem Adlerturm in Dortmund: Zeugen einer mittelalterlichen Messingproduktion. In: H. Steuer / U. Zimmermann (Hrsg.), Montanarchäologie in Europa. Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland. 4 (Sigmaringen 1993) 303–314.
- Rehren/Hauptmann 1995: T. Rehren / A. Hauptmann, Silberaffinations-Schlacken der CUT (Xanten), Insula 39: Mineralogische Untersuchung und archäometallurgische Interpretation. Xantener Berichte. Grabung – Forschung – Präsentation 6 (Köln 1995) 119–137.
- Rehren/Kraus 1999: T. Rehren / K. Kraus, Cupel and crucible: the refining of debased silver in the Colonia Ulpia Traiana, Xanten. Journ. of Roman Arch. 12, 1999, 263–272.
- Rehren/Martinón-Torres 2008: T. Rehren / M. Martinón-Torres, Naturam ars imitata: European Brassmaking between Craft and Science. In: M. Martinón-Torres / T. Rehren (Hrsg.), Archaeology, History and Science. Integrating Approaches to Ancient Materials (Walnut Creek 2008) 167–188.
- Rehren/Pernicka 2008: T. Rehren / E. Pernicka, Coins, Artefacts and Isotopes – Archaeometallurgy and Archaeometry. Archaeometry 50/2, 2008, 232–248.
- Rehren/Pusch 2012: T. Rehren / E. B. Pusch, Alloying and resource management in New Kingdom Egypt: the bronze industry at Qantir – Pi-Ramesses and its relationship to Egyptian copper sources. In: V. Kassianidou / G. Papasavvas (Hrsg.), Eastern Mediterranean metallurgy and metalwork in the second millennium BC. A conference in honour of James D. Muhly. Nicosia, 10th–11th October 2009 (Oxford 2012) 215–221.
- Reuter 1871: K. Reuter, Geschichte des römischen Wiesbadens 2. Das Römer-Castell bei Wiesbaden. Nass. Ann. 5/2 (Wiesbaden 1871). Onlineausgabe: <http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb11005535-7> (10.02.2014).
- Reuter 2008: M. Reuter 2008, Wirtschaftsstandort Colonia Ulpia Trajana – Handel und Handwerk in der CUT. In: M. Müller u. a. (Hrsg.), Colonia Ulpia Trajana. Xanten und sein Umland in römischer Zeit. Xantener Ber. 1 (Mainz 2008) 471–493.
- Riederer 1995: J. Riederer, Die Metallanalyse von Halbfabrikaten aus Kupferlegierungen von Augusta Raurica. In: Furger 1995, 161–165.
- Riederer 1996: J. Riederer, Die Metallanalyse. In: Janietz Schwarz / Rouiller 1996, 120–143.
- Riederer 2000A: J. Riederer, Appendix C zu Testimonium 2: Die Ergebnisse der Metallanalysen und ihr Beitrag zur Rekonstruktion der beiden Statuenbasen. In: P.-A. Schwarz / L. Berger (Hrsg.), Tituli Rauracenses 1. Testimonien und Aufsätze. Zu den Namen und ausgewählten Inschriften von Augst und Kaiseraugst. Forsch. Augst 29 (Augst 2000) 77–83.
- Riederer 2000B: J. Riederer, Die Metallanalyse der Statuenfragmente aus dem Augster Schrottfund. In: Janietz 2000B, 17–28.
- Riha/Stern 1982: E. Riha / W. B. Stern (mit Beitr. v. M. Martin / Ph. Morel), Die römischen Löffel aus Augst und Kaiseraugst. Archäologische und metallanalytische Untersuchungen. Forsch. Augst 5 (Augst 1982).
- Ritterling 1909: E. Ritterling, Das Kastell Wiesbaden. ORL Abt. B, Bd. 2b Nr. 31.
- Rosenberg 1910: M. Rosenberg, Geschichte der Goldschmiedekunst auf technischer Grundlage 1. Einführung (Frankfurt a. M. 1910).
- Roth 1977: H. Roth, Beobachtungen an merowingischen Gusstiegeln. Frühmittelalterliche Studien 11, 1977, 85–91.
- Roth 1980: H. Roth, Bronzeherstellung und -verarbeitung während der späten römischen Kaiserzeit in Geismar bei Fritzlar, Schwalm-Eder-Kreis, und Altdorf bei Bamberg (Oberfranken). Fundber. Hessen 19/20, 1979/80, 795–806.
- Roussel 1975: L. Roussel, Mälain – Mediolanum. Un dépotoir de bronzier. Rev. arch. de l'Est et du Centre-Est 26, 1975, 293–300.
- Roussel 1988: L. Roussel, Mediolanum. Une bourgade gallo-romaine (Dijon 1988).
- Roussel 2003: L. Roussel, Mälain – Mediolanum, une ville gallo-romaine. Vingt-cinq ans de fouilles archéologiques 1968–1993. Cahiers du Mesmontois 74 (Malain 2003).
- Rovira/Montero 2003: S. Rovira / I. Montero, Natural tin-bronze alloy in Iberian peninsula metallurgy: potentiality and reality. In: A. Giumilia-Mayr / F. Lo Schiavo (Hrsg.), Le problème de l'étain → l'origine de la métallurgie. The problem of Early Tin. BAR Int. Ser. 1199 (Oxford 2003) 15–22.
- Ruska 1935: J. Ruska, Übersetzung und Bearbeitung von al-Razis Buch Geheimnis der Geheimnisse. Quellen u. Stud. z. Gesch. d. Naturwissch. u. d. Medizin 4 (Berlin 1935).
- Ruska 1937: J. Ruska, Al-Razi's Buch Geheimnis der Geheimnisse. Quellen u. Stud. z. Gesch. d. Naturwissch. u. d. Medizin 6 (Berlin 1937).
- Ruthenberg 1985: K. Ruthenberg, Entwicklung der Bronzeanalyse von den Anfängen bis zur Gegenwart. In: Born u. a. 1985, 190–197.
- Rütimeyer 1924: L. Rütimeyer, Ur-Ethnographie der Schweiz. Ihre Relikte bis zur Gegenwart mit prähistorischen und ethnographischen Parallelen. Schr. d. Schweiz. Ges. f. Volkskunde 16 (Basel 1924; reprint Hildesheim 1979).

- Rütti 1991: B. Rütti, Die römischen Gläser aus Augst und Kaiseraugst. Forsch. Augst 13 (Augst 1991).
- Rychener/Sütterlin/Schaub 2002: J. Rychener / H. Sütterlin / M. Schaub, Ausgrabungen in Augst im Jahre 2001. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 23, 2002, 47–84.
- Sahni 1914: D. R. Sahni, Catalogue of the Museum of Archaeology at Sarnāth (Calcutta 1914).
- Santrout u.a. 1999: H.-M. Santrout / J. Santrout / J.-C. Meuret, Nos ancêtres les gaulois. Aux marges de l'Armorique. Catalogue d'exposition (Nantes 9 mai 1999 – 19 sept. 1999) au musée Dobrée (Nantes 1999).
- Schäfer/Ansorge 1994: H. Schäfer / J. Ansorge, Graphitschmelztiegel des 13. Jahrhunderts aus dem oberen Donaauraum in Greifswald. Bodendenkmalpfl. in Mecklenburg-Vorpommern 1994 (1995), 171–190.
- Schatzmann 2013: R. Schatzmann, Die Spätzeit der Oberstadt von Augusta Raurica. Untersuchungen zur Stadtentwicklung im 3. Jahrhundert. Forsch. Augst 48 (Augst 2013).
- Schaub 2013: M. Schaub, Archäologie vor Ort vermittelt: Die Publikumsgrabung 2012.058 in Augusta Raurica. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 34, 2013, 93–98.
- Scheel 1985: B. Scheel, Studien zum Metallhandwerk im Alten Ägypten I. Handlungen und Beischriften in den Bildprogrammen der Gräber des Alten Reiches. Stud. z. Altägypt. Kultur 12, 1985, 117–177.
- Schindler 1697: Christian Karl Schindler, Metallische Probier-Kunst. Das ist: Eigentlicher Bericht von dem Ursprung und Erkenntnis der Metallischen Erze ... (Dresden 1697).
- Schindler 1964: R. Schindler, Bericht über die Forschungsgrabungen im römischen Pachten. Bericht der staatlichen Denkmalpflege im Saarland, 1964, 5–49.
- Schlaich 1934: E. Schlaich, Geologische Beschreibung der Gegend von Court im Berner Jura mit besonderer Berücksichtigung der Molassebildungen. Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz N. F., 26. Lieferung (Bern 1934) 1–41.
- Schmid 2008: D. Schmid, Die ältere Töpferei an der Venusstrasse-Ost in Augusta Raurica. Untersuchungen zur lokal hergestellten Gebrauchskeramik und zum regionalen Keramikhandel. Forsch. Augst 41 (Augst 2008).
- Schmid u.a. 1999: D. Schmid / G. Thierrin-Michael / G. Galetti, L'atelier Venusstrasse-Ost, partie sud, → *Augusta Raurica* (Augst) et la distribution de sa production: résultats des analyses. In: Société Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule (SFEAG). Actes du Congrès de Fribourg (Marseille 1999) 63–70.
- Schmidt 1942: W. Schmidt, Völkerkunde und Urgeschichte in gemeinsamer Arbeit an der Aufhellung ältester Menschheitsgeschichte. Mitt.d. Naturf. Ges. Bern 1941 (1942) 27–72.
- Schmidt 1961: B. Schmidt, Die späte Völkerwanderungszeit in Mitteldeutschland. Veröff. d. Landesmus. f. Vorgesch. in Halle 18 (Halle 1961).
- Schmidt 1971: B. Schmidt, Ein Gusstiegel des 6. Jahrhunderts von Schönebeck (Elbe). Ausgr. u. Funde 16/1, 1971, 38–39.
- Schmidts 2004: Th. Schmidts, Lopodunum IV. Die Kleinfunde aus den römischen Häusern an der Kellerei in Ladenburg (Ausgrabungen 1981–1985 und 1990). Forsch. u. Ber. z. Vor- u. Frühgesch. in Baden-Württemberg 91 (Stuttgart 2004).
- Schneider 1987: G. Schneider, Keramische Materialien der Bronzezeit unter der Werkstatt des Phidias. Arch. Anz. 1987/1, 289–299.
- Schneider/Zimmer 1984: G. Schneider / G. Zimmer, Technische Keramik aus antiken Bronzezeitwerkstätten in Olympia und Athen. Berliner Beitr. z. Archäometrie 9, 1984, 17–60.
- Schnitzler 1996: B. Schnitzler, Cinq siècles de civilisation Romaine en Alsace. Les collections du Musée Archéologique 4 (Strasbourg 1996).
- Schoppa 1961: H. Schoppa, Die Funde aus dem Vicus des Steinkastells Hofheim-Maintaunskreis 1. Die Keramik ausser Terra Sigillata. Veröff. Landesamt Kulturgesch. Bodenaltertümer 2 (Wiesbaden 1961).
- Schreiner u.a. 2003: M. Schreiner / B.S. Ottaway / Q. Wang, In the footsteps of prehistoric bronze smiths: A study of interaction of crucible clay with molten metal and influence on the properties of cast objects. In: S. Di Piero / V. Serneels / M. Maggetti (Hrsg.), Ceramic in the society. Proceedings of the 6th European meeting of ancient ceramics. Fribourg, Switzerland, 3–6 october 2001 (Fribourg 2003) 267–275.
- Schroll 1953: E. Schroll, Über Unterschiede im Spurengehalt bei Wurtziten, Schalenblenden und Zinkblenden. Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wissch., Math.-naturw. Abt. 1, 162/5, 305–332.
- Schucany/Winet 2014: C. Schucany / I. Winet, Schmiede – Heiligtum – Wassermühle. Cham-Hagendorn (Kanton Zug) in römischer Zeit. Grabungen 1944/45 und 2003/04. Antiqua 52 (Basel 2014).
- Schulenburg 1952: A. Schulenburg, Handbuch der Schmelz- und Legierungspraxis in der Metallgiesserei (Berlin 1952).
- Schuster 1998: J. Schuster, Zur Buntmetallverarbeitung auf der Dorfswurt Feddersen Wierde, Lkr. Cuxhaven [Niedersachsen]. In: Voss/Hammer/Lutz 1998, 230–233.
- Schwab/Pernicka/Furger 2011: R. Schwab / E. Pernicka / A. R. Furger, Bleisotopenuntersuchungen am «Schrottfund» von Augusta Raurica. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 32, 2011, 223–234.
- Schwarz 1993: P.-A. Schwarz, Die spätlatènezeitliche und spätrömische Höhensiedlung auf dem Mont Terri (Cornol JU). Die Ergebnisse der Grabungskampagne 1987. Basler Beitr. Ur- u. Frühgesch. 13 (Derendingen 1993).
- Schwarz 2002: P.-A. Schwarz (mit naturwissenschaftlichen Beitr. v. P. Lehmann / G. Breuer [unter Mitarbeit v. M. Mundschein / S. Ulrich-Bochsler] / H. Hüster Plogmann / M. Petrucci-Bavaud / S. Jacomet sowie Fundmünzenbestimmungen v. M. Peter), Kastelen 4. Die Nordmauer und die Überreste der Innenbebauung der spätrömischen Befestigung auf Kastelen. Die Ergebnisse der Grabung 1991–1993.51 im Areal der Insulae 1 und 2 von Augusta Raurica. Forsch. Augst 24 (Augst 2002).
- Searle/Grimshaw 1960: A. B. Searle / R. W. Grimshaw, The chemistry and physics of clays and other ceramic materials (London 1960³).
- Sedlmayer 1998: H. Sedlmayer, *Fabri aerarii* und *plumbarii* in Vindobona. Instrumentum 8 (Montagnac 1998) 22.
- Senn 1928: A. Senn, Über die Huppererde von Lausen und das geologische Alter der Zeininger Bruchzone (Basler Tafeljura). Eclogae Geologicae Helvetiae 21/1, 1928, 163–180.
- Sey 2013: N. Sey, Pannoniai Római Kori Bronzművészeti Műhelykérdései (Questions of bronze workshops in Roman Pannonia) (Diss. Budapest 2013). Onlineausgabe: <http://doktori.btk.elte.hu/hist/seynikoletta/tezis.pdf> (Text) resp. https://www.academia.edu/6219408/A_pannoniai_r%C3%B3mai_kori_bronzm%C5%B1vess%C3%A9g_m%C5%B1helyk%C3%A9rd%C3%A9sei_Questions_of_bronze_workshops_in_Roman_Pannonia_ (Tafeln) (20.01.2017).
- Sey 2015: N. Sey, Roman Bronze Workshop in the Civil Town of Brigetio. In: L. Borhy (Hrsg.), Studia archaeologica Nicolae Szabó. LXXV annos nato dedicate (Budapest 2015) 225–236. Onlineausgabe: https://www.academia.edu/24523051/ROMAN_BRONZE_WORKSHOP_IN_THE_CIVIL_TOWN_OF_BRIGETIO_In_L_Borhy_red_Studia_archaeologica_Nicolae_Szab%C3%B3_LXXV-annos_nato_dedicata_Budapest_2015 (20.01.2017).
- Shackley 2012: M.S. Shackley, An introduction to X-Ray fluorescence (XRF) analysis in archaeology. In M.S. Shackley (Hrsg.), X-Ray fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology (Berlin/New York 2012) 7–44.
- Shugar/Mass 2012: A. N. Shugar / J. L. Mass (Hrsg.), Handheld XRF for Art and Archaeology (Leuven 2012).
- Smith/Collis 1982: M. Smith / J. Collis, Analyse de quelques creusets de l'âge du fer provenant d'Aulnat. In: J. Collis / A. Duval / R. Périchon (Hrsg.), Le deuxième Âge du Fer en Auvergne et en Forez et ses relations avec les régions voisines (Sheffield 1983) 61–67.
- Soukup/Mayer 1997: R. R. Soukup / H. Mayer, Alchemistisches Gold – Paracelsistische Pharmaka. Laboratoriumstechnik im

16. Jahrhundert. Perspektiven der Wissenschaftsgeschichte 10 (Wien/Köln/Weimar 1997).
- Spichtig/Kamber 1991:* N. Spichtig / P. Kamber, Zur Berechnung und Interpretation von Gefäßvolumina. Jahrb. SGUF 74, 1991, 226–228.
- Sprater 1952:* F. Sprater, Das römische Eisenberg, seine Eisen- und Bronzeindustrie (Speyer 1952).
- Spratling 1979:* M. G. Spratling, The Debris of Metal Working. In: G. J. Wainwright, Gussage All Saints. An Iron Age Settlement in Dorset. Arch. Reports 10 (London 1979) 125–149.
- Srinivasan 1994:* S. Srinivasan, High-tin bronze bowl making in Kerala, South India, and its archaeological implications. South Asian Archaeology 2, 1993 (Helsinki 1994), 695–706.
- Stead/Rigby 1986:* I. M. Stead / V. Rigby, Baldock. The excavation of an Roman and pre-Roman settlement, 1968–72. Britannia Monogr. Ser. 7 (London 1986).
- Steiger 1966:* R. Steiger, Becher mit Reliefappliken. Römerhaus u. Mus. Augst. Jahresber. 1966 (1967) 30–48.
- Steiger 1967:* R. Steiger, Gussform für einen Löffel. Römerhaus u. Mus. Augst. Jahresber. 1967 (1968) 38–42.
- Steiger u. a. 1977:* R. Steiger / G. Th. Schwarz / R. Strobel / H. Doppler, Augst, Insula 31. Ausgrabungen und Funde 1960/61. Forsch. Augst 1 (Augst 1977).
- Stephan 2008:* H.-G. Stephan, Schmelztiegel. Ein wenig beachtetes Thema der Metallurgie. In: R. Cunz / U. Dräger / M. Lücke (Hrsg.), Interdisziplinäre Tagung zur Geschichte der neuzeitlichen Metallgeldproduktion. Projektberichte und Forschungsergebnisse. Beiträge zur Tagung in Stolberg (Harz) im April 2006, Teil 2. Abhandlungen der Braunschweigischen Wissensch. Ges. 61 (Braunschweig 2008) 349–390.
- Stern 1982:* W. B. Stern, Metallanalytische Untersuchungen. In: Riha/Stern 1982, 41–59.
- Stern 1986:* W. B. Stern, Metallanalytische Untersuchungen an Spiegelfragmenten. In: Riha 1986, 16–19.
- Stillman 1960:* J. M. Stillman, The story of alchemy and early Chemistry (New York 1960).
- Stoyanov/Mihaylova 1996:* T. Stoyanov / Zh. Mihaylova, Metal working in the Getic city in “Sboryanovo” locality near Ispereh, ne Bulgaria (Preliminary report). Ephem. Napocensis 6, 1996, 55–77.
- Straumann 2010:* S. Straumann, Die Nordwestecke der Insula 50 von Augusta Raurica. Entwicklung eines multifunktional genutzten Handwerkerquartiers. Forsch. Augst 47 (Augst 2011).
- Ströbele u. a. 2014:* F. Ströbele u. a., Pb isotope data of Roman and medieval objects from Wiesloch near Heidelberg, Germany. Archaeological and Anthropological Science 2014 (online first, DOI 10.1007/s12520-014-0208-1).
- Strub 1943:* W. Strub, Die Ausbeutung von Huppererde. Grenchner Tagblatt Nr. 152, 02.07.1943.
- Strub 1949:* W. Strub, Heimatbuch Grenchen. Die vergangenen Jahrhunderte bis in die Gegenwart (Solothurn 1949).
- Telle/Thönnissen 2004:* R. Telle / M. Thönnissen, Prähistorische feuerfeste Werkstoffe und ihre Weiterentwicklung in keltischer und römischer Zeit. In: G. Petzow (Hrsg.), Praktische Metallographie 36 (Frankfurt a. M. 2004).
- Telle/Thönnissen 2006:* R. Telle / M. Thönnissen, Prähistorische feuerfeste Werkstoffe und ihre Weiterentwicklung in keltischer und römischer Zeit. Praktische Metallographie / Practical Metallography 43/2, 2006, 55–87.
- Tellenbach 1997:* M. Tellenbach, Buntmetallhandwerker oberhalb des Dresdner Altsiedellandes. Arch. aktuell im Freistaat Sachsen 4, 1996 (Dresden 1997) 89–93.
- Tereygeol 2007–2009:* F. Tereygeol, PCR. Paléoméallurgies et expérimentations. Recherches sur Les chaines de production des métaux aux périodes anciennes (Belfort 2007–2009). Onlineausgabe: http://www.academia.edu/10894343/2007-2009_PCR_pal%C3%A9om%C3%A9allurgies_et_exp%C3%A9rimentations_rapport_final_tapuscrit_SRA_Poitou-Charentes_2_vol._341_p
- Theobald 1984:* W. Theobald, Technik des Kunsthandwerks im zwölften Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter Diversarum artium schedula (Düsseldorf 1984).
- Thomas 2001:* N. Thomas, Lutum sapientiae, étude technologique sur le lut et la pratique du feu dans les opérations de chimie, d'alchimie et de métallurgie dans l'Antiquité, au Moyen Âge et jusqu'→ la période moderne. DEA d'archéologie, Université Paris 1 (Panthéon-Sorbonne 2001) 251 p. (unpubl. Diss.).
- Thomas 2006:* N. Thomas, Quand Melle enterrait ses métallurgistes. Étude de creusets lutés découverts → Melle et → Niort en contexte funéraire médiéval (Deux-Sèvres, France). ArchaeoScience. Revue d'Archéométrie 30, 2006, 45–59.
- Thomas 2012:* N. Thomas, De la recette → la pratique: l'exemple du lutum sapientiae des alchimistes. In: R. Córdoba (Hrsg.), Craft treatises and Handbooks: the Dissemination of Technical Knowledge in the Middle Ages. De diversis artibus 91 (Turnhout 2012) 249–270.
- Thouvenin 1970:* A. Thouvenin, Mises au point. L'étamage des objets de cuivre et de bronze chez les anciens. Revue d'histoire des mines et de la métallurgie 2, 1970, 101–109.
- Tischler 1882:* O. Tischler in: M. Much (Red.), Bericht über die II. Versammlung österreichischer Anthropologen und Urgeschichtsforscher am 12., 13. und 14. August 1881 zu Salzburg. Mitth. d. Anthrop. Ges. in Wien 12 (Wien 1882) 50–54.
- Tite 2005:* M. S. Tite, Scientific examination of ceramic crucibles from Jarrow. In: R. Cramp, Wearmouth and Jarrow monastic sites 1 (Swindon 2005) 476–479.
- Tite u. a. 1985:* M. S. Tite / I. C. Freestone / N. D. Meeks / P. T. Craddock, The examination of refractory ceramics from metal-production and metalworking sites. In: P. Phillips (Hrsg.), The archaeologist and the laboratory. CBA Research Reports 2000 (updated 2007) 50–55.
- Tite u. a. 2001:* M. S. Tite / V. Kilikoglou / G. Vekinis, Strength, toughness and thermal shock resistance of ancient ceramics, and their influence on technological choice. Archaeometry 43/3, 2001, 301–324.
- Tomasevic u. a. 1971:* T. Tomasevic u. a., Fünfunddreissigster Jahresber. d. Stiftung Pro Augusta Raurica, 1. Januar bis 31. Dezember 1970. Basler Zeitschr. Gesch. u. Altertumsk. 71/2, 1971, 199–225.
- Trachsel 1997:* M. Trachsel, Ein kleiner Giessereifen der 13. Legion im Experiment. Jahresber. GPV 1996 (1997) 33–38.
- Trachsel 1998:* M. Trachsel, Ein tragbarer Giessereifen aus dem Legionslager von Vindonissa – Beschreibung, Rekonstruktion und Experiment. In: M. Fansa (Hrsg.), Experimentelle Archäologie. Bilanz 1997. Symposium in Bad Buchau Federsee Museum, Oktober 1996. Arch. Mitt. aus Nordwestdeutschland, Beih. 19 (Oldenburg 1998) 141–155.
- Tylecote 1980:* R. F. Tylecote, Furnances, Crucibles, and Slags. In: Th. A. Wertime / J. D. Muhly (Hrsg.), The coming of the age of iron (New Haven 1980) 183–228.
- Tylecote 1982:* R. F. Tylecote, Metallurgical Crucibles an Crucible Slags. Archaeological Ceramics 1982, 231–243.
- Tylecote 1986:* R. F. Tylecote, The prehistory of metallurgy in the British Isles. Institute of Metals (London 1986).
- Ulbert 1969:* G. Ulbert, Das frühromische Kastell Rheingönheim. Die Funde aus den Jahren 1912 und 1913. Limesforsch. 9 (Berlin 1969).
- Ullwer 2001:* H. Ullwer, Messingherstellung nach dem alten Galmeiverfahren. Erzmetall 54/6, 2001, 319–326.
- Urban 1993:* F. Urban, L'artisanat du bronze. In: C. Breyer / D. Longrée (Hrsg.), L'artisanat en Gaule Romaine. Publié pour les 25 ans d'Archeolo-J → l'occasion du «Salon de l'artisanat gallo-romain», Floreffe, 12–23 mai 1994 (Rixensart 1993).
- v. Lippmann 1919:* E. O. v. Lippmann, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie mit einem Anhang: zur älteren Geschichte der Metalle (Berlin 1919).

- van den Bergh 1988: C. van den Bergh, Der Schrottfund von Augusta Raurica (Augst) – Reste einer Reiterstatue. Arbeitsbl. Restauratoren, H. 2, 1988, Gruppe 2, 210–220.
- Vogt 1947: E. Vogt, Zum Problem des urgeschichtlich-völkerkundlichen Vergleiches. In: W. Drack (Red.), Beiträge zur Kulturgeschichte. Festschrift Reinhold Bosch zu seinem sechzigsten Geburtstag (Aarau 1947) 44–57.
- Vogt 1993: A. Vogt, Die Fayencefabrik Matzendorf von 1797 bis 1812. Jahrb. f. Solothurnische Gesch. 66, 1993, 421–430.
- von Fellenberg 1860: L. R. von Fellenberg, Analysen von antiken Bronzen (darin: Nr. 34. Metallplatte von Basel-Augst). Mittheilungen d. naturf. Ges. in Bern aus d. Jahre 1860, 65–79.
- von Moos 1936: A. von Moos, Zur Petrographie der Quarzsande und mageren Huppererde der Bohnerzformation im schweizerischen Juragebirge. Schweiz. mineralog. u. petrograph. Mitt. 16/2, 1936, 318–327.
- von Osten 1998: S. von Osten, Das Alchemistenlaboratorium Oberstockstall. Ein Fundkomplex des 16. Jahrhunderts aus Niederösterreich. Monogr. z. Frühgesch. u. Mittelalterarch. 6 (Innsbruck 1998).
- von Petrikovits 1980: H. von Petrikovits, Die Rheinlande in römischer Zeit (Düsseldorf 1980).
- Voigt 1956: A. Voigt, Gressenich und sein Galmei in der Geschichte. Eine historisch-lagerstättenkundliche Untersuchung. Bonner Jahrb. 155/156 (2. Teil), 1955/56, 318–335.
- Voss 2012: H.-U. Voss, Die Suche nach den namenlosen Meistern. In: A. Pesch / R. Blankenfeldt (Hrsg.), Goldsmith Mysteries. Archaeological, pictorial and documentary evidence from the 1st millennium AD in northern Europe. Schr. d. arch. Landesmus., Ergänzungsreihe 8 (Neumünster 2012) 101–116.
- Voss/Hammer/Lutz 1998: H.-U. Voss / P. Hammer / J. Lutz, Römische und germanische Bunt- und Edelmetallfunde im Vergleich. Archäometallurgische Untersuchungen ausgehend von elbgermanischen Körpergräbern. 79. Ber. RGK, 1998, 107–382 Taf. 1–71.
- Wagner 2008: D. B. Wagner, Ferrous Metallurgy. In: J. Needham (Hrsg.), Science and Civilisation in China 5. Chemistry and Chemical Technology 11. Ferrous Metallurgy (Cambridge 2008).
- Währen/Schneider 1995: M. Währen / Chr. Schneider (mit Beitr. v. S. Fünfschilling / A. R. Furger), Die puls. Römischer Getreidbrei. Augster Museumsh. 14 (Augst 1995).
- Walke 1965: N. Walke, Das römische Donaukastell Straubing-Sorvidurum. Limesforsch. 3 (Berlin 1965).
- Weber u. a. 2010: W. Weber / H. Merten / St. Schu, Untersuchungen für andere Forschungsprojekte. Gusstiegel aus der Trierer Domgrabung. Jahrb. RGZM 57/2, 2010, 92–93.
- Wedlake 1982: W. J. Wedlake, The excavations of the shrine of Apollo at Nettleton, Wiltshire, 1956–1971. Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London 40 (London 1982).
- Weigel 1698: Chr. Weigel, Abbildung Der Gemein-Nützlichen Haupt-Stände Von denen Regenten Und ihren So in Friedens- als Kriegs-Zeiten zugeordneten Bedienten an, biß auf alle Künstler Und Handwerker (Regensburg 1698). Onlineausgabe: [http://www.slub-dresden.de/sammlungen/digitale-sammlungen/werkansicht/cache.off?tx_dlf\[id\]=88](http://www.slub-dresden.de/sammlungen/digitale-sammlungen/werkansicht/cache.off?tx_dlf[id]=88) (05.01.2012).
- Weiss 2009: J. Weiss, Leistenziegelherstellung mit Ton aus römischer Grube in Kaiseraugst (AG). Arch. Schweiz 32, 2009, 38 f.
- Weiss/Holliger 1981: J. Weiss / Chr. Holliger, Windisch, Grabung Dättwiler 1979/80. Jahresber. GPV 1979/80 (1981) 23–59.
- Werner 1972: O. Werner, Spektralanalytische und metallurgische Untersuchungen an Indischen Bronzen (Leiden 1972).
- Wiedemann 1984: E. Wiedemann, Gesammelte Schriften zur arabisch-islamischen Wissenschaftsgeschichte 1. Schriften 1876–1912. Veröff. d. Inst. f. Gesch. d. Arabisch-islamischen Wissensch., Reihe B, Nachdrucke, Band 1,1 (Frankfurt a.M. 1984; darin: Über chemische Apparate bei den Arabern, 291–309).
- Willers 1901: H. Willers, Die römischen Bronzebeimer von Hemmoor (Hannover / Leipzig 1901).
- Wirth/Veh/Nothers 1992: G. Wirth / O. Veh / Th. Nothers, Diodoros. Griechische Weltgeschichte Buch I–X. Biblioth. d. Griech. Lit. 34 (Stuttgart 1992).
- Worrall 1975: W. E. Worrall, Clays and Ceramic Raw Materials (London 1975).
- Zanier 1992: W. Zanier, Das römische Kastell Ellingen. Limesforsch. 23 (Mainz 1992).
- Zedler 1732–1754: J. H. Zedler, Grosses vollständiges Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste (Halle / Leipzig 1732–1754). Onlineausgabe: <http://mdz10.bib-bvb.de/~zedler/zedler2007/> (30.12.2011).
- Zehner 1994: M. Zehner, Les vestiges d'un atelier de bronzier → Horbou-Wihr "Nouvelle Mairie". Cah. Alsaciens d'Art et d'Hist. 37, 1994, 107–120.
- Zetsche 1975: I. Zetsche, Aus einer Giesserei. Schmelzbirnen aus Frankfurt. In: H. Borger (Hrsg.), Kölner Römer Illustrierte 2, 1975, 145.
- Zieling 1995: N. Zieling, Metallverarbeitung in der Colonie Ulpia Traiana. In: M. Zelle (Red.), Tatort CUT. Die Spur führt nach Xanten. Führer u. Schr. d. Arch. Parks Xanten 17 (Köln 1995) 65–70.
- Zimmer 1985: G. Zimmer, Schriftquellen zum antiken Bronzeguss. In: Born u. a. 1985, 38–49.
- Zhou u. a. 2014: W. Zhou / M. Martín-Torres / J. Chen / Y. Li, Not so efficient, but still distilled: the technology of Qing Dynasty zinc production at Dafengmen, Chongqing, southwest China. Journ. Of ch. Science 43, 2014, 278–288.
- Zienkiewicz 1993: J. D. Zienkiewicz, Excavations in the Scammum Tribunalum at Caerleon: The Legionary Museum site 1983–5. Britannia 24, 1993, 27–140.
- Zishu 1998: M. Zishu, Artefacts of ancient chinese science and technology. Catalogue of an exhibition organised by the National Museum of Chinese History (Beijing 1998).
- Zschokke/Rollier 1907: B. Zschokke / L. Rollier, Die feuerfesten Tone und die Industrie feuerfester Produkte der Schweiz. In: Geologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (Hrsg.), Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, 4. Lieferung: Die Schweizerischen Tonlager. Beilage zum technologischen Teil (Bern 1907).
- Zwicker u. a. 1985: U. Zwicker / H. Greiner / K.-H. Hofmann / M. Reithinger, Smelting, Refining and Alloying of Copper and Copper Alloys in Crucible Furnaces During Prehistoric up to Roman Times. In: P. T. Craddock / M. J. Hughes, M. J. (Hrsg.), Furnaces and Smelting Technology in Antiquity. British Museum Occasional Papers 48 (London 1985) 103–115.

Tafel- und Abbildungsnachweis

Tafeln 1–30:

Zeichnungen Felicitas Prescher; Fotos und Montage Alex R. Furger.

Abb. 1:

Foto Alex R. Furger.

Abb. 3:

Zeichnung Felicitas Prescher; Zusammenstellung und Beschriftung Alex R. Furger.

Abb. 6:

Fotos Alex R. Furger (digitales Kameramikroskop DNT DigiMicro Lab5.0).

Abb. 8:

Fotos Alex R. Furger; Zeichnungen Felicitas Prescher; Analysen Markus Helfert.

Abb. 9:

Zeichnungen Felicitas Prescher; Fotos Alex R. Furger.

Abb. 10:

Zeichnungen Felicitas Prescher.

Abb. 11:

Fotos Alex R. Furger.

Abb. 12:

Nach Thomas 2006, Abb. 3; 4,1.2; 7.

Abb. 13:

Aufnahmen Alex R. Furger, Reinzeichnung Felicitas Prescher.

Abb. 15:

Zeichnungen Felicitas Prescher.

Abb. 16:

Materialaufnahme Alex R. Furger; Umzeichnung Felicitas Prescher.

Abb. 18:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 226–246.

Abb. 19:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 247–272.

Abb. 20:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 273–282.

Abb. 22:

Zeichnungen a und b Felicitas Prescher; Fotos c–f Alex R. Furger; CT-Durchstrahlungsbilder g–m David Mannes (Paul Scherrer-Institut PSI Villingen / AG).

Abb. 23:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 300–309.

Abb. 24:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 310–320.

Abb. 25:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 321–327.

Abb. 26:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 332–348.

Abb. 27:

T872 Zeichnung Felicitas Prescher; 1–4 nach Angaben in Anm. 354 und 355.

Abb. 28:

Zeichnungen Felicitas Prescher; Foto Alex R. Furger.

Abb. 29:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 362–370.

Abb. 30–32; 35:

Materialaufnahme und Auswahl Alex R. Furger; GIS-Kartierung Ursula Jansen.

Abb. 33; 34; 91; 101:

Analysen Markus Helfert; Materialaufnahme und Auswahl Alex R. Furger; GIS-Kartierung Ursula Jansen.

Abb. 36:

Zeichnung Felicitas Prescher; Zusammenstellung und Beschriftung Alex R. Furger.

Abb. 37:

Zeichnung Felicitas Prescher; Zusammenstellung und Beschriftung Alex R. Furger.

Abb. 38:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 385–393.

Abb. 39:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 394–408.

Abb. 40:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 409–425.

Abb. 41:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 426–443.

Abb. 42:

1.2 nach Spratling 1979, Abb. 99,2.1; 3.7 nach Bayley 1989, Abb. 1,1.2; 4.9 nach Tylecote 1986, Abb. 50,1.14; 5.6 nach Gray 1953, Abb. 66,C24.C7; 8 nach Roth 1980, Abb. 5,7; 10 nach Krabath 2006, Abb. 26 resp. Voss / Hammer / Lutz 1998, Abb. 18,1; 11.12 nach Guzzo 1975, Abb. 1,1.2; 13 nach Agricola 1557, Abb. S. 196, B.

Abb. 43:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 450–475.

Abb. 44:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 478–497.

Abb. 45:

Nach Drescher 1994, Abb. 23,1 und 21,4.

Abb. 46:

Quellennachweise siehe Literaturangaben in Anm. 498–505.

Abb. 47:

Oben nach Zetsche (Anm. 499) Abb. 192 und unten nach Fischer u. a. (Anm. 499) Abb. 101,21.22.

Abb. 49:

Durchstrahlungsbilder und farbliche Bearbeitung David Mannes, Paul Scherrer-Institut PSI Villingen / AG; Maquette Alex R. Furger.

Abb. 50:

Durchstrahlungsbilder und farbliche Bearbeitung David Mannes, Paul Scherrer-Institut PSI Villingen / AG; Zeichnung Felicitas Prescher; Fotos und Maquette Alex R. Furger.

Abb. 51:

Zeichnung Felicitas Prescher; neun computertomographische Schnitte Paul Scherrer Institut Villingen / AG (David Mannes); Farbfoto Alex R. Furger.

Abb. 52:

Durchstrahlungsbilder und farbliche Bearbeitung David Mannes, Paul Scherrer-Institut PSI Villingen / AG; Zeichnung Felicitas Prescher; Fotos und Maquette Alex R. Furger.

Abb. 53–58:

Analysen und Grafiken Markus Helfert.

Abb. 59; 66; 68–70:

Zeichnungen Felicitas Prescher.

Abb. 60:

Analysen und Grafiken Markus Helfert.

Abb. 67:

Analysen und Grafiken Markus Helfert.

Abb. 72:

Lagerstätten beprobt von Alex R. Furger; GIS-Karte Urs Brombach und Ursula Jansen.

Abb. 74:

Prospektion, Aufbereitung und Fotos Alex R. Furger; Montage Katja von Ruville.

- Abb. 75–81:*
Analysen und Grafiken Markus Helfert.
- Abb. 82:*
Anschlüsse Markus Helfert; Fotos Alex R. Furger (digitales Kameramikroskop DNT DigiMicro Lab5.0).
- Abb. 83:*
Zeichnungen Felicitas Prescher; Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 86–90; 92:*
Analysen Markus Helfert; Zeichnungen Felicitas Prescher.
- Abb. 93:*
Analysen Markus Helfert; Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 95; 96:*
Probenpräparate und Mikroskopaufnahmen Daniela König; Montage Alex R. Furger.
- Abb. 98:*
Zeichnungen Felicitas Prescher; Fotos und Mikroskopaufnahmen Alex R. Furger.
- Abb. 99:*
Analysen Markus Helfert; Diagramm Alex R. Furger.
- Abb. 100:*
Grafik Alex R. Furger auf der Basis von Analysen von Markus Helfert.
- Abb. 103:*
Analysen Markus Helfert; Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 104:*
Foto und Montage Alex R. Furger.
- Abb. 105:*
Fotos Alex R. Furger, Christoph Jäggy und Urs Werner.
- Abb. 106:*
Ofenbau Alfred Haller; Foto Urs Werner.
- Abb. 107:*
Ofenbau Alex R. Furger; Foto Christoph Jäggy.
- Abb. 108:*
Ofenbau Christoph Jäggy; Foto Urs Werner.
- Abb. 109:*
Aufbereitung und Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 110:*
Brand: Töpferatelier Christine Burch, Rheinfelden / AG; Foto Alex R. Furger.
- Abb. 111:*
Oxidierender Brand oben Christine Burch (Rheinfelden / AG); reduzierender Brand unten Stefan Jakob (Zürich); Materialsammlung, Probenaufbereitung und Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 112:*
Aufbereitung und Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 113:*
Rekonstruktionen Töpferei Christine Burch, Rheinfelden / AG; Fotos Alex R. Furger; Zeichnungen Felicitas Prescher.
- Abb. 114:*
Zeichnung Felicitas Prescher, nach Angaben von Christine Pugin und Christine Burch sowie Skizzen von Alex R. Furger.
- Abb. 115:*
Rekonstruktionen und Fotos Alex R. Furger; Montage Katja von Ruville.
- Abb. 116; 120:*
Fotos Christoph Jäggy.
- Abb. 118:*
Präparation und Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 119:*
Lutum-Auftrag und Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 121:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 122:*
Foto Urs Werner.
- Abb. 123:*
Foto Christine Pugin.
- Abb. 124:*
Nachbrände: Töpferatelier Christine Burch, Rheinfelden / AG; Zerlegung und Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 125:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 126:*
Deckelherstellung, Fotos und Makroaufnahmen Alex R. Furger.
- Abb. 127:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 128:*
Fotos Alex R. Furger (digitales Kameramikroskop DNT DigiMicro Lab5.0).
- Abb. 130:*
Präparationen und Fotos Alex R. Furger; Zeichnungen Felicitas Prescher.
- Abb. 131:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 132:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 133:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 135:*
Fotos Alex R. Furger, Christoph Jäggy und Urs Werner.
- Abb. 136:*
Fotos Alex R. Furger (oben) und Christine Pugin (unten).
- Abb. 138:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 139:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 141:*
Fotos Christoph Jäggy und Urs Werner.
- Abb. 144:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 145:*
Analysen Markus Helfert; Grafik Alex R. Furger.
- Abb. 147:*
Präparate und Fotos Alex R. Furger; Zeichnung Felicitas Prescher.
- Abb. 148:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 150:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 151:*
Analysen Markus Helfert; Grafik Alex R. Furger.
- Abb. 153:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 154:*
Fotos Alex R. Furger.
- Abb. 155:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 156:*
Foto Christoph Jäggy.
- Abb. 157:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 158:*
Foto Christoph Jäggy.
- Abb. 159:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 160:*
Foto Christoph Jäggy.
- Abb. 161:*
Foto Rahel C. Ackermann.
- Abb. 162:*
Foto Alex R. Furger.
- Abb. 163:*
Zeichnung Felicitas Prescher; Foto Alex R. Furger.
- Abb. 164:*
Grabungsdokumentation Augst / Kaiseraugst 1970.053, Detail 4 und 4a, Zeichnung Eva Ch. Weber, Montage und Bereinigung Ursula Jansen.

Anhang

Übersichts- und Analysetabellen

Tabelle 1: Augusta Raurica. Alle pXRF-Analysen von Tiegelkeramik, diversen Glasuren und Belägen, der *Lutum*-Schichten sowie Legierungsreste an Tiegeln (grüne Flecken, Tropfen usw.) in den Modi TestAllGeo, Mining&Soil. Die Prozentwerte entsprechen den Rohdaten (die Summe der Hauptelemente ist nicht auf 100 % normiert). Die Messungen im Modus «Alloy» sind in Tabelle 2 zusammengestellt. i. = innen; u. = unten; o. = oben; nz. = neuzeitlich; Anz.M. = Anzahl Messungen; TG = Tongruppen 1–5 (spuren-chemisch definiert, s.S. 114 ff.); ? = «wahrscheinliche» Tongruppen-Zuweisung. Analysen Markus Helfert.

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:
10.19218/3906897158

Tabelle 2: Augusta Raurica. Direkt nachweisbare Metalle in den Schmelztiegeln und in Resten der Schmelze (Reguli), ermittelt durch pXRF-Messungen im Modus «Alloy» an grün korrodierten Metalloberflächen *in situ* und an blanken Bohrproben aus Metalltröpfchen. Analysen Markus Helfert. Die in anderen Modi gemessenen und daher weniger repräsentativen Metallspuren sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Nur die hier mit «b» (blank) bezeichneten Analysen an unkorrodierten, blank-metallischen Oberflächen sind repräsentativ für die nachweisbaren Legierungen!

Kat. Nr.	Proben-Nr.	Messstelle	Legierung (n. Riederer 1995)	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ag	Au	Hg
Alloy-Messungen in Tiegeln:											
T2	1996_061_D05302.121_d	Oberfläche Wand dunkelrot	(nicht metallisch)	0,17		0,14	0,06	10,56		1,09	
T10	1969_00630_a_2	Oberfläche Rand grün	(nicht metallisch)	44,88	15,63	26,36	4,79	1,10	0,20	0,04	0,25
T20	1978_24213_a	Bohrspäne Bodensatz korrodiert	(nicht metallisch)	39,26	5,43	44,30	5,81	4,42	0,04	0,10	0,42
T27	1961_06526_a_2	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	2,06	1,19	77,57	1,20	0,77	0,45	0,19	0,25
T29	1967_29586_e	Bröckchen 2 aus Bodensatz korrodiert	(nicht metallisch)	33,06	1,59	2,44	6,29	14,26	41,38	0,21	0,05
T29	1967_29586_d_AV	Messstelle nicht dokumentiert	(nicht metallisch)	33,09	1,56	2,43	6,30	14,28	41,25	0,24	0,05
T29	1967_29586_d_AV	Messstelle nicht dokumentiert	(nicht metallisch)	57,09	1,79	6,63	1,67	6,51	26,10	0,13	0,04
T29	1967_29586_d	Bröckchen 1 aus Bodensatz korrodiert	(nicht metallisch)	48,79	2,69	16,53	0,65	1,59	27,92	0,03	0,00
T29	1967_29586_b	Oberfläche Bodensatz grün	(nicht metallisch)	52,16	1,47	3,52	1,20	8,57	22,94	0,11	0,03
T29	1967_29586_c	Bohrspäne Bodensatz blank	Silber-Bleibronze	88,90	2,50	4,42	0,03	0,18	3,76	0,01	0,00
T41	1960_07834_c	Bohrspäne Tropfen am Rand blank	Zinn-Bleibronze	83,01	6,48	8,82	0,45	0,28	0,00	0,00	0,23
T41	1960_07834_a_2	Oberfläche innen (Foto fehlt)	(nicht metallisch)	59,38	10,60	22,64	0,81	0,42	0,08	0,05	0,22
T190	1958_04272_a_2	Oberfläche Wand neben Regulusnegativ	(nicht metallisch)	0,11	0,00	97,55	0,02	1,59	0,05	0,05	0,25
T192	1962_08455_c	Bohrspäne Tropfen seitlich korrodiert	(nicht metallisch)	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,05	0,13	0,01
T194	1960_05199_a_2	Oberfläche Bodensatz anthrazit	(nicht metallisch)	18,82	30,08	16,36	17,40	10,53	0,01	0,00	0,00
T194	1960_05199_c	Bohrspäne Tropfen am Rand blank	Zinn-Bleibronze	81,63	6,19	11,49	0,11	0,36	0,00	0,00	0,00
T202	1984_00805A_d	Bohrprobe Wand 2 grün korrodiert	(nicht metallisch)	73,20	10,98	10,03	2,49	0,44			0,20
T202	1984_00805A_c	Bohrprobe Wand 1 grün (Bröckchen) korrodiert	(nicht metallisch)	76,04	16,04	3,12	0,25	1,69			0,20
T214	1984_03554_a	Bohrspäne Tropfen unten blank	Zinn-Bleibronze	88,54	5,95	5,17	0,16	0,07	0,00	0,01	0,05
T226	1906_03217_b_2	Oberfläche Wand grau	(nicht metallisch)	2,51	0,00	75,08	0,04	0,76	4,23	0,18	0,18
T226	1906_03217_a_2	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	0,74	0,00	83,90	0,02	0,39	1,42	0,25	0,22
T232	1963_01894A_a_2	Oberfläche Bodensatz anthrazit	(nicht metallisch)	11,30	0,92	74,49	0,01	0,69	1,56	0,31	0,63
T258	1978_22742_c	Oberfläche Bodensatz grün	(nicht metallisch)	13,66	1,57	10,09	6,22	19,22			0,62
T275	1963_11793_a_2	Oberfläche Bodensatz grün	(nicht metallisch)	37,37	4,96	15,10	16,41	10,21	0,12	0,00	0,25
T276	1966_15923_b	Bohrspäne Tropfen seitlich blank (wenig Mat.)	Zinn-Bleimessing	80,05	2,18	2,26	13,09	1,76	0,00	0,00	0,00
T278	1963_09882_a_2	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	16,86	3,45	1,03	2,06	34,99	0,01	0,00	0,00
T289	1979_18596_b	Bohrspäne Tropfen 2 seitlich blank	Zinnmessing	83,05	2,93	0,70	11,06	1,10	0,00	0,00	0,00
T289	1979_18596_a	Bohrspäne Tropfen 1 seitlich blank	Zinnmessing	84,25	2,45	0,49	11,20	0,82	0,01	0,00	0,00
T465	1963_06437A_a_2	Oberfläche Wand grau	(nicht metallisch)	12,15	1,18	7,66	24,34	26,42	0,08	0,00	0,00
T528	1978_2083_b	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	52,45	1,73	0,35	12,71	5,86			
T546	1963_04726B_a_2	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	58,64	3,40	9,70	8,57	11,96	0,06	0,00	0,15
T547	1963_06437B_a_2	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	3,12	0,34	1,82	38,43	31,13	0,06	0,00	0,00
T547	1963_06437B_c	Bohrspäne Tropfen 2 seitlich blank	Zinn-Bleimessing	59,08	3,86	25,69	5,31	5,71	0,00	0,00	0,08
T547	1963_06437B_b	Bohrspäne Tropfen 1 seitlich blank	Zinn-Bleimessing	65,75	3,94	20,12	7,04	1,91	0,00	0,00	0,00
T548	1963_04791E_c	Oberfläche Tropfen innen im Schnitt	(nicht metallisch)	34,61	2,99	6,15	40,10	4,99			
T548	1963_04791E_a_2	Oberfläche Wand anthrazit	(nicht metallisch)	4,22	1,30	2,66	66,53	10,56	0,03	0,00	0,00
T548	1963_04791E_d	Bohrspäne Tropfen seitlich blank	Zinn-Bleimessing	70,19	3,19	15,01	8,38	0,61			
T550	1967_08001A_c	Oberfläche Wand grün	(nicht metallisch)	2,64	0,31	0,14	69,71	12,64	0,04	0,00	0,00
T564	1963_14182_b_2	Oberfläche Tropfen aussen	(nicht metallisch)	21,44	26,13	40,22	6,22	1,47	0,16	0,02	0,00
T564	1963_14182_d	Bohrspäne Tropfen aussen blank	Zinn-Bleimessing	70,99	5,90	17,41	5,08	0,37	0,00	0,04	0,11
T647	1996_061_D05021.104_d	Oberfläche Lutum goldfarben	(nicht metallisch)	1,95	0,06	0,10	0,02	8,09			
T765	1982_23550_a	Bohrspäne Tropfen innen beim Rand blank	Zinnbronze	88,66	5,52	3,39	1,58	0,70	0,01	0,03	0,00
T873	1917_00816_a	Modern: Oberfläche Bodensatz grün	(nicht metallisch)	49,67	11,68	4,64	18,48	5,68	0,06	0,00	0,00
T873	1917_00816_c	Modern: Bohrspäne Tropfen unten blank	Zinn-Bleimessing	81,95	8,60	2,21	5,84	0,69	0,03	0,00	0,00
T874	1906_00586_a	Modern: Oberfläche Bodensatz grün	(nicht metallisch)	64,20	3,70	2,78	10,01	9,42	0,04	0,00	0,08
T874	1906_00586_c	Modern: Bohrspäne Tropfen seitlich blank	Zinn-Bleimessing	71,61	4,87	5,89	15,24	1,33	0,02	0,00	0,00
Alloy-Messungen an Reguli:											
T296	1980_03442_d	Bohrspäne grün korrodiert	(nicht metallisch)	23,26	2,40	10,54	52,12	5,93	0,03		
T296	1980_03442_c	Oberfläche Regulus im Bruch grün	(nicht metallisch)	23,16	3,57	12,29	46,95	5,30	0,06	0,00	0,13
T894	1972_04422_a_2	Oberfläche Regulus im Bruch graubraun	(nicht metallisch)	4,62	0,86	4,23	52,46	27,26	0,11	0,00	0,00
T896	1992_060_D01507.349_d	Bohrspäne braune Schicht aussen korrodiert	(nicht metallisch)	15,73	0,82	80,71	0,09	0,65			
T896	1992_060_D01507.349_c	Bohrspäne graue Schicht innen korrodiert	(nicht metallisch)	12,34	0,84	81,41	0,18	1,89	0,04		0,72
T896	1992_060_D01507.349_b	Oberfläche unten braungrau	(nicht metallisch)	9,12	0,20	79,74		0,65			
T896	1992_060_D01507.349_a	Oberfläche oben braungrau	(nicht metallisch)	1,12	0,46	74,45	0,03	4,07			0,79
T897	1957_01530_b	Bohrspäne oben blank	Bleikupfer	6,91	0,00	91,62	0,00	0,06	0,07	0,08	0,00
T897	1957_01530_a	Oberfläche Regulus oben grau	(nicht metallisch)	4,10	0,00	73,92	0,04	3,60	0,40	0,31	0,67

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:

10.19218/3906897165

Sb	As	Bi	Co	Cd	Zr	Se	W	Ni	Mn	Cr	V	Ti	S	Pd	Nb	Si	Al	Mg	P	Ru	Mo	Nb
	0,23	0,01			0,17					0,24	0,33	2,53			0,01	67,28	13,10	4,08				
0,21	0,00	0,04	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,00	2,95	1,38	0,00	1,91			
0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,05	0,00	0,39	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,17	0,00	0,00	0,00	11,59	3,43	0,00	0,61			
0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00	0,09	0,00	0,14	0,00	0,00	0,36		0,04			0,00			0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,13	0,00	0,00	0,51		0,04			0,00			0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,09	1,37	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07	0,11		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,03	0,13	0,00	0,00	0,00	6,53	3,14	0,00	0,08			
0,00	0,14																					
0,00	0,61	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,09	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	4,94	0,54	0,00	0,07			
0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,08		0,00	0,00		0,00					
0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	0,04	0,00	0,04	0,03		0,02			0,00			0,00	0,00	0,00
0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,04	0,00	1,41	0,00	0,10	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	3,92	0,55	0,00	0,44			
0,00	0,11	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,12					0,01			0,04		0,06	0,11	0,24				1,65	0,44					
0,07					0,02					0,19	0,19	0,38				1,77			0,05			
0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	9,19	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,07	0,00	0,00	0,00	5,72	0,63	0,00	1,18			
0,02	0,00	5,96	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	4,32	0,94	0,00	1,62			
0,00	0,00	1,79	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,14	0,00	0,00	0,00	5,53	1,09	0,00	1,44			
0,04		0,03		0,03	0,12		0,52	0,13	2,51	0,04	0,08	0,66		0,03	0,02	30,23	9,55	4,65				
0,02	0,00	0,09	0,00	0,00	0,23	0,00	2,50	0,01	0,28	0,00	0,04	0,39	0,00	0,00	0,00	10,57	1,08	0,00	0,34			
0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,20	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,01	0,06	0,01	0,00	0,00	0,17	0,00	0,08	0,02	0,38	0,03	0,06	0,52	0,00	0,00	0,01	32,31	5,57	0,00	2,39			
0,00	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	0,17	0,03	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,05	0,01	0,00	0,00	0,03		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,03	0,01	0,04	0,00	0,02	0,24	0,00	2,49	0,00	0,75	0,01	0,02	0,41	0,00	0,01	0,01	17,97	6,03	0,00	0,13			
0,09	0,83				0,01		1,16		0,24	0,00	0,06	0,31				17,07	5,37		1,75			
0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	1,69	0,00	0,03	0,00	0,02	0,13	0,00	0,00	0,00	3,89	1,19	0,00	0,45			
0,01	0,12	0,00	0,11	0,01	0,03	0,00	0,85	0,01	2,44	0,00	0,05	0,11	0,00	0,01	0,01	16,66	3,98	0,00	0,70			
0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,14	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,00	0,73	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,30	0,04	0,02	0,00	0,00	0,08		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,07		0,02			0,05		8,22	0,07	0,94			0,42					0,99		0,38			
0,03	0,11	0,02	0,01	0,01	0,04	0,00	2,68	0,04	2,54	0,00	0,01	0,40	0,00	0,00	0,00	5,08	1,65	0,00	2,09			
					0,01		0,38	0,04	0,05	0,10	0,14	0,18				1,11	0,59					
0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	1,86	0,13	0,40	0,00	0,02	0,67	0,00	0,01	0,00	4,74	4,94	0,00	1,70			
0,38	0,04	0,17	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	2,75	0,37	0,00	0,37			
0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
		0,01			0,14				0,36	0,16	0,23	1,61		0,01	0,01	72,00	11,42	3,84				
0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,28	0,08	0,06	0,00	0,00	0,02	0,00	1,46	0,03	0,06	0,00	0,02	0,19	0,00	0,00	0,00	5,98	1,10	0,00	0,52			
0,14	0,23	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,12	0,01	0,00	0,00	0,11		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,18	0,02	0,05	0,03	0,00	0,01	0,00	0,34	0,06	0,07	0,00	0,02	0,13	0,00	0,00	0,00	6,22	2,64	0,00	0,00			
0,15	0,45	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,17	0,00	0,00	0,00	0,02		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
					0,03		4,67	0,04	0,31	0,12	0,06	0,37							0,13			
0,05	0,00	0,03	0,03	0,03	0,04	0,00	4,49	0,09	0,22	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	1,89	1,12	0,00	0,43			
0,04	0,07	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	1,85	0,00	0,23	0,00	0,03	0,19	0,00	0,00	0,00	5,15	1,63	0,00	1,25			
		0,14			0,04					0,25	0,13					1,25			0,18			
0,17		0,11			0,06		0,00			0,28	0,12	0,06			0,01	1,59			0,20			
		0,30			0,03					0,25	0,24					6,71	1,26		1,50			
0,59		0,15			0,02					0,12	0,16	0,19				11,04	3,67		3,14			
0,00	0,91	0,33	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00			0,00	0,00	0,00
0,07	0,00	0,31	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,92	0,03	0,09	0,19	0,00	0,00	0,00	10,02	2,85	0,00	2,42			

Tabelle 3: Zusammensetzung hoch brennender Huppererden, Bolustone und Lehme im Vergleich und als Basis für die Zuweisungen der Tiegeltongruppen in Augusta Raurica. Hauptkomponenten in Prozentwerten, Spurenelemente in ppm. FO = Fundortnummern (siehe Text und Abb. 72), Br. = Brand-Temperatur der Proben. Eigene Messungen (TON 001–TON 370) von Markus Helfert; Altanalysen: A-Nummern nach Jornet 1982; DJ-Nummern nach Janke 1989; ER-Nummern nach Eramo 2006A; KA-Nummern nach Maggetti / Pfeifer 1993; Z-Nummern nach Maggetti / Galetti 1993; Z/R-Nummer nach Zschokke / Rollier 1907 (Nr. 1535).

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:
10.19218/3906897172

Tabelle 4: pXRF-Analysen der 20 *Lutum*-Testmischungen, durchgeführt an 18 Testplättchen («getrocknet», «1020°C», «1250°C») und zwei Tiegelproben (*Lutum* 19 und 20). *Lutum* 1: nach Ercker 1580; *Lutum* 2 und 3: nach «Werkburg» (siehe Abb. 115). Die Mischungen *Lutum* 4 bis *Lutum* 20 sind Varianten von *Lutum* 3 mit unterschiedlichen weiteren Zuschlagstoffen (s. Text S. 201 ff.). Rez. = Rezept. Zur Interpretation s. Text mit Abb. 117. Messungen Markus Helfert.

Proben-Nr.	Material	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	V
Lutum 01 0020	Rez. Lazarus Ercker 1580, TON 037, 1. Messung	56,101	0,704	14,541	16,312	0,220	1,922	2,106	2,792	0,159	3556	97
Lutum 01 0020	Rez. Lazarus Ercker 1580, TON 037, 2. Messung	58,637	0,715	16,386	16,178	0,201	2,957	2,105	2,586	0,235	308	171
Lutum 01 1020	Rez. Lazarus Ercker 1580, TON 037, 1. Messung	55,674	0,842	15,874	18,877	0,283	2,242	2,720	3,094	0,149	2190	125
Lutum 01 1020	Rez. Lazarus Ercker 1580, TON 037, 2. Messung	60,103	0,673	15,058	16,383	0,205	2,933	1,964	2,450	0,231	1003	130
Lutum 01 1250	Rez. Lazarus Ercker 1580, TON 037, 1. Messung	63,926	0,772	13,365	13,071	0,229	1,877	1,582	2,765	0,130		112
Lutum 01 1250	Rez. Lazarus Ercker 1580, TON 037, 2. Messung	61,761	0,687	16,027	14,936	0,207	2,487	1,660	2,042	0,194	432	174
Lutum 02 0020	Rez. Arbeitsgr. «Werkburg», TON 037, 1. Messung	70,951	0,752	14,868	4,837	0,076	1,871	2,219	2,523	0,235	375	99
Lutum 02 0020	Rez. Arbeitsgr. «Werkburg», TON 037, 2. Messung	71,354	0,764	15,614	4,621	0,071	3,196	1,679	2,426	0,276	205	137
Lutum 02 1020	Rez. Arbeitsgr. «Werkburg», TON 037, 1. Messung	71,344	0,817	15,278	5,135	0,087	2,361	1,515	2,634	0,263	777	102
Lutum 02 1020	Rez. Arbeitsgr. «Werkburg», TON 037, 2. Messung	70,461	0,756	14,449	4,621	0,059	3,170	3,906	2,251	0,327	5970	97
Lutum 02 1250	Rez. Arbeitsgr. «Werkburg», TON 037, 1. Messung	73,927	0,763	12,864	4,799	0,079	1,828	2,176	2,628	0,211	32	102
Lutum 02 1250	Rez. Arbeitsgr. «Werkburg», TON 037, 2. Messung	75,326	0,717	12,905	4,197	0,058	2,798	1,057	2,657	0,285	88	113
Lutum 03 0020	Rez. Arbeitsgruppe «Werkburg», TON 061	81,979	0,581	10,738	3,005	0,039	0,820	0,739	1,856	0,244	533	70
Lutum 03 1020	Rez. Arbeitsgruppe «Werkburg», TON 061	80,589	0,540	11,624	2,841	0,044	1,718	0,625	1,782	0,237	246	84
Lutum 03 1250	Rez. Arbeitsgruppe «Werkburg», TON 061	80,501	0,500	11,820	2,545	0,055	1,837	0,638	1,891	0,213	27	86
Lutum 04 0020	Lutum 03 + Branntkalk und Kreide	40,605	0,453	9,495	3,802	0,049	4,794	38,438	2,063	0,301	859	74
Lutum 04 1020	Lutum 03 + Branntkalk und Kreide	58,912	0,668	15,932	4,786	0,089	2,153	15,082	2,162	0,216	4683	97
Lutum 04 1250	Lutum 03 + Branntkalk und Kreide	62,463	0,661	17,409	4,839	0,204	2,069	10,229	1,521	0,605	16787	138
Lutum 05 0020	Lutum 03 + Holzkohle und Knochen	64,534	0,726	15,517	4,413	0,213	1,209	9,537	2,766	1,085	805	102
Lutum 05 1020	Lutum 03 + Holzkohle und Knochen	67,279	0,598	15,528	3,493	0,071	0,977	9,460	2,465	0,129	94	104
Lutum 05 1250	Lutum 03 + Holzkohle und Knochen	69,823	0,627	16,794	3,994	0,143	1,899	3,741	2,471	0,508	333	121
Lutum 06 0020	Lutum 03 + Flussspat	56,522	0,670	15,332	4,115	0,222	1,439	19,080	2,307	0,313	618	113
Lutum 06 1020	Lutum 03 + Flussspat	59,153	0,530	17,450	3,730	0,125	1,260	16,699	0,893	0,161	1321	136
Lutum 06 1250	Lutum 03 + Flussspat	64,190	0,530	16,574	3,575	0,082	2,517	10,422	1,958	0,153	108	119
Lutum 07 0020	Lutum 03 + Eisenhammerschlag	55,217	0,527	16,630	18,249	0,282	2,607	4,119	2,115	0,255	841	139
Lutum 07 1020	Lutum 03 + Eisenhammerschlag	55,240	0,542	19,359	16,967	0,310	1,947	3,743	1,605	0,287	2457	169
Lutum 07 1250	Lutum 03 + Eisenhammerschlag	59,359	0,598	17,188	14,886	0,251	1,873	3,136	2,527	0,180	423	141
Lutum 08 0020	Lutum 03 + Kochsalz	74,267	0,716	13,873	6,544	0,001		2,443	2,153	0,002	141	10
Lutum 08 1020	Lutum 03 + Kochsalz	70,293	0,755	17,091	4,773	0,082	1,375	2,540	2,819	0,271	12153	120
Lutum 08 1250	Lutum 03 + Kochsalz	70,897	1,115	16,128	5,036	0,091	1,721	2,103	2,699	0,210	1137	127
Lutum 09 0020	Lutum 03 + Glaspulver	71,399	0,560	15,533	3,407	0,075	2,572	3,809	2,400	0,244	517	96
Lutum 09 1020	Lutum 03 + Glaspulver	71,649	0,542	15,357	3,461	0,120	2,126	4,259	2,221	0,263	5187	107
Lutum 09 1250	Lutum 03 + Glaspulver	70,618	0,711	16,637	3,864	0,108	2,040	3,382	2,449	0,191	269	125
Lutum 10 0020	Lutum 03 + mehr Eselmist als Lutum 03	68,015	0,764	16,317	4,616	0,151	2,375	4,545	2,817	0,401	636	115
Lutum 10 1020	Lutum 03 + mehr Eselmist als Lutum 03	67,364	0,708	18,269	4,529	0,175	2,201	4,085	2,291	0,377	3763	125
Lutum 10 1250	Lutum 03 + mehr Eselmist als Lutum 03	70,038	0,713	16,834	4,176	0,117	2,172	2,878	2,797	0,276	218	125

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:

10.19218/3906897189

Cr	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb	Bi	Th	Cl	Co
288	54	37	256	23		99	93	32	277	17			11	346	201	155		35				
421	95	92	350	27		94	98	26	286	17				502	215	107		47			244	
335	70	53	339	30		113	113	34	304	20			13	422	295	339		58				119
358	100	126	333	36		106	111	27	295	20				598	340	284		57			294	
202	60	43	197	23		120	105	39	328	18				414	301	361		36				
358	80	78	265	32		104	111	29	324	20				641	317	259		54			307	181
102			76	15		97	93	34	294	17			8	302	196	115		24				
94			69	20		96	89	29	301	17				430	211	52		14			187	
111			87	27		98	82	34	295	17				249	130	11		38				
97	22	8	73	24		89	125	27	286	17				319	123			35			289	
159			109	18		89	91	31	273	14				275	174	63		43				
138		10	75	23		89	86	26	289	17			10	289	115			66			237	
45		35	97	13		67	64	19	327	11			6	170				12			426	
70			55	11		78	72	22	367	13	6			162				15			146	
80			73	8		80	73	21	375	14			8	232	62			31			166	
48		90	172	14		62	144	15	133	9				232	117		4	43			348	
82	16	13	208			95	187	32	191	15				186				27			298	
93	16	33	291			92	117	32	202	13				131				30			25	
84		65	205	11		67	78	16	146	10	3			168	49		4	20			665	
75	161	54	362			94	181	32	241	13				370		460		38				
98	381	129	414			98	109	32	214	13				284		144		57				
77	13	121	167	14		66	88	25	161	10	3		6	700	101		3	23			359	
77		41	201			77	126	41	184	14				376				28			65	
99	154	79	277			90	117	38	283	14				681		572		45				
438	108	143	196	17		65	73	18	145	14			8	334	214	77	5	18			733	
402	98	72	258			89	99	31	196	16				227		50		21	55		61	
437	1165	906	679			104	136	31	206	17				273		388		44			41	
33			68	6		48	55	12	122	8	5		6	130			10	14			189168	45
92		8	108			82	94	31	209	15				84				13			69	
321	90	22	132			73	90	29	229	14				250				11			57	
62			136	11		69	104	16	165	9	3			154	35		2	20			377	
93		39	168			94	98	26	214	11				139				28				
178	311	98	775			94	106	26	191	12				250		20		53				
77		70	184	11		74	82	19	187	12	4			146			4	23			490	
99		31	249			99	103	30	240	15				144				34			31	
131	386	126	389			96	101	29	236	14				298		203		61			18	

Proben-Nr.	Material	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	V
Lutum 11 0020	Lutum 03 + Holzasche	64,188	0,744	17,118	4,136	0,188	1,827	6,648	4,699	0,452	1286	114
Lutum 11 1020	Lutum 03 + Holzasche	62,656	0,703	19,497	4,469	0,262	2,579	6,405	3,002	0,427	5002	132
Lutum 11 1250	Lutum 03 + Holzasche	58,997	0,785	22,381	5,029	0,231	3,155	5,869	3,307	0,247	232	156
Lutum 12 0020	Lutum 03 + Eiweiss	67,677	0,703	17,211	4,181	0,155	2,208	4,626	2,774	0,465	843	107
Lutum 12 1020	Lutum 03 + Eiweiss	66,530	0,722	19,025	4,381	0,248	1,764	4,853	2,157	0,320	7277	137
Lutum 12 1250	Lutum 03 + Eiweiss	72,214	0,640	16,253	3,690	0,102	1,850	2,640	2,378	0,233	86	106
Lutum 13 0020	Lutum 03 + gebrannte Knochen	65,491	0,753	17,740	4,169	0,095	2,695	5,147	2,644	1,266	537	119
Lutum 13 1020	Lutum 03 + gebrannte Knochen	66,842	0,701	16,399	5,170	0,080	1,501	5,064	2,447	1,798	4372	113
Lutum 13 1250	Lutum 03 + gebrannte Knochen	68,905	0,652	16,737	4,259	0,123	1,891	4,048	2,630	0,754	666	108
Lutum 14 0020	Lutum 03 + Kuhhaare	66,893	0,829	15,511	4,980	0,196	2,417	5,212	3,277	0,685	2207	102
Lutum 14 1020	Lutum 03 + Kuhhaare	70,607	0,722	16,423	5,010	0,081	1,542	2,681	2,649	0,286	3435	107
Lutum 14 1250	Lutum 03 + Kuhhaare	72,284	0,645	14,991	4,230	0,114	1,776	3,168	2,571	0,222	315	108
Lutum 15 0020	Lutum 03 + Hornspäne	69,906	0,753	16,371	4,746	0,078	2,068	2,844	2,869	0,365	750	113
Lutum 15 1020	Lutum 03 + Hornspäne	67,319	0,727	18,978	4,947	0,111	1,812	3,262	2,544	0,301	8982	125
Lutum 15 1250	Lutum 03 + Hornspäne	71,879	0,700	15,022	4,885	0,122	1,781	2,584	2,794	0,233	201	122
Lutum 16 0020	Lutum 03 + Weinessig	66,697	0,796	19,350	4,404	0,069	2,937	2,638	2,795	0,313	459	128
Lutum 16 1020	Lutum 03 + Weinessig	67,293	0,762	20,342	4,703	0,098	1,816	2,153	2,535	0,299	1255	138
Lutum 16 1250	Lutum 03 + Weinessig	71,334	0,685	17,085	4,101	0,078	1,869	2,038	2,581	0,227	122	132
Lutum 17 0020	Lutum 03 + Urin	64,848	0,700	17,749	4,574	0,125	1,956	6,975	2,621	0,453	758	106
Lutum 17 1020	Lutum 03 + Urin	67,835	0,709	18,119	4,439	0,097	1,942	4,015	2,397	0,447	5409	114
Lutum 17 1250	Lutum 03 + Urin	71,778	0,739	15,632	4,060	0,119	1,239	3,756	2,425	0,251	269	114
Lutum 18 0020	Lutum 03 + Getreide-Drusch	67,514	0,792	16,580	4,678	0,145	2,107	4,438	3,075	0,671	768	118
Lutum 18 1020	Lutum 03 + Getreide-Drusch	66,117	0,742	18,863	4,773	0,208	1,591	5,017	2,225	0,464	6608	125
Lutum 18 1250	Lutum 03 + Getreide-Drusch	70,665	0,632	17,004	4,005	0,130	2,261	2,485	2,551	0,267	85	119
Lutum 19 0020	Lutum 03 + Urin, Eselmist, Kuhhaare, Ei und Salz	65,946	0,781	15,871	9,153	0,117	3,315	1,505	2,767	0,544	1163	131
Lutum 19 ca. 1000	Lutum 03 + Urin, Eselmist, Kuhhaare, Ei und Salz	55,404	0,727	10,425	15,403	0,294	8,119	4,792	4,575	0,261	410	138
Lutum 19 ca. 1200	Lutum 03 + Urin, Eselmist, Kuhhaare, Ei und Salz	54,429	0,398	9,255	7,458	0,548	4,249	18,870	3,927	0,864	1347	102
Lutum 20 0020	Lutum 03 + noch mehr Eselmist als Lutum 10	65,848	0,708	15,863	9,315	0,137	3,800	1,451	2,598	0,279	1682	140
Lutum 20 ca. 1000	Lutum 03 + noch mehr Eselmist als Lutum 10	79,852	0,425	5,865	2,722	0,144	1,427	3,080	6,096	0,388	46	47
Lutum 20 ca. 1200	Lutum 03 + noch mehr Eselmist als Lutum 10	73,021	0,359	6,674	2,210	0,182	2,264	5,665	7,821	1,804	744	22

Cr	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb	Bi	Th	Cl	Co
83		92	536	12		102	129	17	155	11	5		14	357	45		6	87			370	
104	28	68	616			128	154	31	227	14				214				80			30	
270	286	147	938			139	189	34	236	15				472		147		112			68	
87			157	12		74	77	19	185	12	6		7	139	37		3	17			581	
97		29	241			101	107	34	216	14				132				33			27	
90	258	97	263			97	101	30	237	14				120				30				
74	13		166	13		69	84	17	159	10	4			188	80		4	17			377	
83	53	8	218			93	102	31	201	12				221		23		26			40	
137	398	230	523			100	105	33	197	15				311		317		51			241	
71		66	165	12		71	77	25	149	12	3			116			3	21			842	
77	35		226			95	98	28	191	14				205				24				
109	576	77	479			96	124	29	225	13				150				50			71	
80		62	156	11		65	111	15	137	10	6			71			3	20			638	
106		21	301			111	118	33	216	15				91				29				
118	510	207	379			101	102	33	239	15				258		3		49			28	
91		11	169	14		81	79	20	180	12	4	9	9	86			4	19			216	
119		11	228			99	97	31	275	15				108				25				
92	304	99	297			100	98	31	238	13				142				34				
86			156	13		74	82	18	174	12	9	4		128			4	19			300	
102			217			96	97	30	227	14				73				24				
93	674	197	359			92	103	29	249	15				255		117		49			38	
77		87	172	11		73	77	17	140	11				132	29		3	19			369	
100	18	30	260			95	103	29	206	13				163				28			20	
119	45	22	236			97	97	30	206	14				235				31				
213	32	101	145	22		90	89	25	278	17				331	142		3	27			5922	
319	123	116	1638	36		114	105	27	318	19			24	364	140			98			476	
203	166	483	114	14		88	280	21	250	13			511	1058	529	712		6			362	
203	39	81	143	24		98	93	26	286	18				369	133		2	25			811	
31		286	896			90	80	21	347	13	4		6	169				5			119	
	283	108533	2007	59		121	86	20	330	15	15	7	106	172				220			332	

Tabelle 5: pXRF-Analysen der Produkte der Experimente 4–12. Messungen Markus Helfert in den Modi Soil, Mining und TestAllGeo. Gelb hinterlegte Felder = Vergleichswerte; blau hinterlegte Felder = Auswertung. Quelle der Vergleichssubstanzen Bleiglanz und Knochen: Tabelle 7700.

Material	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cl	V	Cr
Experiment 4:													
Exp04a Tiegel innen	65,373	0,764	14,996	6,265	0,096	2,521	7,593	1,865	0,526	162	225	226	90
Exp04a Tiegel Mitte	76,338	0,761	12,865	5,836	0,010		2,560	1,502	0,128	246	141	263	108
Exp04a Tiegel aussen	62,691	0,908	18,976	8,777	0,063	3,211	2,586	2,494	0,294	683	126	255	233
Exp04a Lutum aussen	54,978	0,528	8,326	18,431	0,397	6,368	4,326	6,475	0,172	214	285	137	409
Exp04b Tiegel innen	74,528	0,882	12,747	5,199	0,080	2,161	1,331	2,779	0,292	179	216	120	99
Exp04b Tiegel Mitte	77,615	0,687	11,003	5,444	0,098	1,610	1,150	2,210	0,183	286	209	146	85
Exp04b Tiegel aussen	71,364	0,788	16,978	4,569	0,070	2,696	0,942	2,311	0,283	218	162	147	109
Exp04b Lutum aussen	77,452	0,550	8,774	3,147	0,095	2,457	2,483	4,625	0,417	121	102	85	66
Exp04c Tiegel innen	64,403	1,119	20,720	2,387	0,067	5,107	1,428	4,414	0,354	79	165	103	66
Exp04c Tiegel Mitte	72,491	1,184	19,537	3,519	0,007	0,992	0,326	1,837	0,108	75	151	165	142
Exp04c Tiegel aussen	66,412	0,801	12,060	14,645	0,171	1,708	1,433	2,602	0,168	343	242	153	331
Exp04c Lutum aussen	59,192	0,635	7,762	17,846	0,377	2,838	5,903	4,683	0,765	419	439	139	361
Exp04d Tiegel innen	61,849	2,053	19,686	6,442	0,168	1,321	2,912	3,809	1,760	1081	208	210	143
Exp04d Tiegel Mitte	69,881	1,730	20,317	5,039	0,000		0,604	2,299	0,129	272	234	207	167
Exp04d Tiegel aussen	70,571	1,411	16,416	5,279	0,016	2,099	1,199	2,779	0,229	47	173	198	186
Exp04d Lutum aussen	56,132	0,989	18,664	4,144	0,498	4,439	8,786	5,866	0,482	19	70	144	79
Exp04e Tiegel innen	64,505	1,590	22,258	5,219	0,072	1,429	1,849	2,886	0,192	230	106	177	152
Exp04e Tiegel Mitte	67,691	1,543	22,675	4,729	0,000	0,971	0,451	1,861	0,080	104	152	196	156
Exp04e Tiegel aussen	67,348	1,488	21,185	5,121	0,010	1,063	0,636	2,571	0,578	282	174	209	183
Exp04e Lutum aussen	68,414	0,891	8,279	15,406	0,256		3,008	3,202	0,544	254	261	107	173
Exp04f1 Tiegel innen	62,277	1,024	13,264	7,474	0,140	3,837	8,099	3,155	0,731	507	429	277	133
Exp04f1 Tiegel Mitte	77,232	0,834	11,531	5,960	0,009		2,754	1,528	0,153	83	304	249	129
Exp04f1 Tiegel aussen	65,298	0,810	12,371	13,537	0,153	3,207	1,689	2,584	0,352	217	164	150	233
Exp04f1 Lutum aussen	44,019	0,900	9,248	26,158	0,457	9,817	5,464	3,605	0,331	204	438	175	389
Exp04f2 Tiegel innen	65,176	0,771	14,251	4,046	0,057	6,030	8,217	1,192	0,258	679	523	130	66
Exp04f2 Tiegel Mitte	77,718	0,587	10,080	6,565	0,111	1,642	1,014	2,112	0,171	285	351	95	75
Exp04f2 Tiegel aussen	66,268	0,850	14,949	9,639	0,126	3,137	1,680	2,977	0,374	777	539	152	306
Exp04f2 Lutum aussen	54,527	0,643	9,827	13,031	0,458	7,420	7,799	5,615	0,680	116	292	133	410
Exp04g1 Tiegel innen	75,067	0,939	12,138	5,561	0,143	1,293	1,268	3,177	0,415		241	109	113
Exp04g1 Tiegel Mitte	78,238	0,642	11,332	4,989	0,112	1,494	0,945	2,011	0,237	187	242	101	81
Exp04g1 Tiegel aussen	67,373	0,819	17,797	5,613	0,103	4,247	1,064	2,707	0,276	75	255	121	132
Exp04g1 Lutum aussen	74,446	0,446	7,488	2,492	0,310	3,542	4,742	5,955	0,579	23	102	59	48
Exp04g2 Tiegel innen	66,982	0,805	13,680	5,927	0,135	5,496	3,079	3,358	0,538	894	344	102	97
Exp04g2 Tiegel Mitte	78,037	0,624	11,411	4,376	0,089	2,027	1,079	2,137	0,220	482	211	87	81
Exp04g2 Tiegel aussen	76,932	0,764	11,985	5,715	0,093	0,705	1,104	2,458	0,243	327	270	106	114
Exp04g2 Lutum aussen	43,190	0,973	8,783	28,739	0,502	7,098	4,754	5,702	0,258	227	460	157	464

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:

10.19218/3906897196

Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb
	158	505	37	27		80	59	48	305	16	12			316	232	93		1
	139	58	215	27		91	54	49	299	17	3			310	256	193		10
	146	37	306	22		90	55	47	291	17				238	191	38		4
	263	172	936	42		161	116	26	315	17	4		28	559	322	263		110
	26	39	178	42		98	92	31	370	18	7			218				12
	65		200	23		107	95	32	369	16				339	118			33
	24		195	19		102	94	33	380	19	5	7	10	256	45			27
	59	131	663	17		86	76	23	381	13	5			321	125			13
		471		6		129	77	31	258	22				522	173			
	33	16	112	9		110	80	26	259	26				488	233	84		31
	113	36	86	7		87	81	23	268	20				572	284	209		15
	160	110	56	9		100	128	22	283	16				921	508	667		
	67	341	62	34		100	98	27	292	29				451	180			15
	77	38	150	7		96	86	23	273	27				474	243	129		48
	266	52	823	6		110	97	27	298	30	4			462	209	40		27
	82	56	224	5		133	172	24	292	29				568	215	17		22
	81	350	82	22		115	109	29	328	32	5			456	206	40		26
	63	32	161	9		115	100	31	327	32	8			341	113			44
	107	25	148	40		117	97	29	307	32				433	159			39
	121	89	195	21		103	142	29	327	18	18			453	164	2		7
	170	344	57	29		72	67	42	279	15				206	170			
	140	66	144	27		83	53	48	311	18				306	258	154		5
	112	77	76	14		101	80	37	332	17	4			327	240	106		1
	302	894	252	31		98	115	28	315	17			13	480	309	280		17
	105	848	164	26		89	112	30	369	18	12	5	10	168				
	174	98	215	30		116	105	34	390	17			13	376	124			
	85	51	142	26		101	91	32	366	18	10	9	7	160				
	156	163	181	17		110	151	25	291	17	4			492	180			
	57	33	51	20		94	86	31	345	17				329	88			
	165	36	135	17		98	90	32	377	17	4			438	207	88		6
	142	20	258	10		99	90	31	372	16	5			327	95			11
	20	135	167	3		107	97	22	381	13				278	73			
	59	2066	62	46		98	102	31	349	16	5		15	318	83			70
	106	137	106	21		94	91	31	362	14			8	633	379	324		36
	44	17	98	12		95	86	30	370	15				418	205			7
	190	144	575	15		113	113	27	309	19				492	190			

Material	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cl	V	Cr
Experiment 7:													
Exp07a Deckel aussen	61,507	0,836	15,520	8,597	0,854	1,961	5,792	4,164	0,769	1325	437	174	127
Exp07a Deckel innen	65,303	0,723	18,175	6,430	0,372	1,439	3,663	3,331	0,564	2494	371	129	113
Exp07a Deckel Mitte	59,470	1,006	22,775	7,335	0,105	2,665	3,034	3,389	0,220	1164	321	175	138
Exp07a Lutum aussen	57,563	0,722	15,204	5,709	0,347	5,117	9,458	5,362	0,520	8209	854	114	88
Exp07a Tiegel aussen	66,869	0,961	15,112	8,019	0,134	1,706	2,909	4,075	0,215	7157	664	90	104
Exp07a Tiegel innen	71,388	0,650	12,312	6,491	0,224	0,906	4,144	3,654	0,230	20116	1177	73	67
Exp07a Tiegel Schnitt	68,929	0,785	14,482	7,607	0,145		3,798	4,072	0,182	22410	772	77	87
Exp07a (Ø)	64	1	16	7	0	2	5	4	0	8982	657	119	103
Exp07b Deckel aussen	61,905	0,693	16,482	6,976	0,388	2,569	7,294	3,193	0,500	7906	272	142	111
Exp07b Deckel innen	62,365	0,738	18,364	6,926	0,338	1,992	6,409	2,383	0,485	1527	276	152	128
Exp07b Deckel Mitte	66,582	0,832	18,504	5,751	0,103	2,259	2,696	3,047	0,227	1052	187	156	141
Exp07b Lutum aussen	66,431	0,359	8,703	2,756	0,924	3,498	9,989	6,569	0,772	2129	173	85	40
Exp07b Tiegel aussen	65,066	0,959	16,691	7,431	0,116	2,759	3,251	3,438	0,289	6568	329	93	122
Exp07b Tiegel Innenseite	66,213	1,003	14,917	8,686	0,234		4,021	4,629	0,296	12228	383	82	119
Exp07b Tiegel Schnitt	73,200	0,770	10,528	8,318	0,162		3,420	3,477	0,124	5941	524	39	59
Exp07b (Ø)	66	1	15	7	0	3	5	4	0	5336	306	107	103
Exp07c Deckel aussen	50,341	0,677	13,243	6,894	1,178	5,366	15,198	5,662	1,442	1048	231	143	134
Exp07c Deckel innen	61,615	0,868	19,161	6,416	0,400	1,663	6,933	2,683	0,261	2883	414	208	130
Exp07c Deckel Mitte	66,373	0,821	18,533	6,108	0,103	1,799	3,100	2,950	0,212	11675	287	157	111
Exp07c Lutum aussen	61,588	0,418	10,382	2,840	0,812	3,806	12,553	6,576	1,025	1037	164	104	33
Exp07c Tiegel aussen	69,394	0,679	15,019	6,890	0,151	1,531	3,124	3,044	0,169	1329	409	52	87
Exp07c Tiegel innen	64,280	0,885	16,541	6,492	0,169	2,115	4,429	4,786	0,303	6622	467	123	89
Exp07c Tiegel Schnitt	75,889	0,527	13,208	4,432	0,081		1,989	3,716	0,157	3928	389	51	33
Exp07c (Ø)	64	1	15	6	0	3	7	4	1	4075	337	120	88
Exp07d Deckel aussen	51,180	0,576	12,335	9,682	0,840	4,150	13,690	6,788	0,761	1475	314	120	135
Exp07d Deckel innen	64,831	0,791	17,899	6,986	0,216	2,033	3,439	3,439	0,365	2141	505	139	155
Exp07d Deckel Mitte	66,105	0,838	19,155	6,333	0,096	1,827	2,451	2,931	0,263	2031	226	144	114
Exp07d Lutum aussen	64,508	0,633	14,618	6,684	0,235	2,227	7,142	3,684	0,270	3578	263	129	91
Exp07d Tiegel aussen	61,592	0,891	22,124	7,357	0,028	1,772	3,415	2,628	0,193	4579	522	267	164
Exp07d Tiegel innen	58,085	1,008	21,138	8,663	0,128		6,034	4,676	0,269	13652	1467	187	127
Exp07d Tiegel Schnitt	67,566	0,846	15,458	7,522	0,061	1,661	4,537	2,237	0,112	1958	1042	198	117
Exp07d (Ø)	62	1	18	8	0	2	6	4	0	4202	620	169	129
Exp07e Deckel aussen	65,369	0,669	13,514	4,589	0,124	1,791	5,343	8,212	0,388	9685	172	97	64
Exp07e Deckel innen	69,937	0,731	14,862	4,612	0,142	1,148	4,803	3,462	0,303	1087	271	104	72
Exp07e Deckel Mitte	70,295	0,637	12,621	7,071	0,079	1,454	5,432	2,232	0,179	5011	211	114	91
Exp07e Lutum aussen	62,540	0,821	14,990	6,453	0,177	1,432	8,304	4,952	0,330	2167	255	126	70
Exp07e Tiegel aussen	63,889	0,839	21,822	6,645	0,015	1,492	2,801	2,285	0,212	3435	226	279	175
Exp07e Tiegel innen	59,124	1,161	14,386	10,224	0,141	1,274	8,360	4,974	0,357	973	723	135	112
Exp07e Tiegel Schnitt	72,725	0,791	14,305	6,522	0,012		3,886	1,646	0,113	422	282	238	107
Exp07e (Ø)	66	1	15	7	0	1	6	4	0	3254	306	156	99
<i>Galmei</i>	52,253	0,375	32,494	7,722	0,310	2,625	1,517	2,464	0,241	1288	98	39	111
<i>Galmei grob (Wiesloch/D)</i>	56,183	0,491	24,931	9,013	0,235	4,643	1,142	3,155	0,209	956		39	149
<i>Galmei fein (Wiesloch/D)</i>	55,570	0,501	23,181	13,267	0,293	2,725	1,120	3,081	0,261	1152	28	93	162
Galmei (Ø)	55	0	27	10	0	3	1	3	0	1132	63	57	141

Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb
	109	265	1628	43		106	129	37	261	16				294	215	143		
	124	90	18622	546		134	124	34	233	16	12			374	297	467		34
	76	34	15711	32		135	136	41	241	18	7			284	217	119		23
	144	322	1155	14		121	157	31	216	13	16	53	8	188	154			26
	56		78359	58		143	61	23	125	13		11		233	232	158		604
	983	986	27482	498		125	73	17	123	9	114			280	270	204		263
	105	83	92330	55		110	71	26	157	14	24	26		291	272	363		531
-	228	297	33613	178	-	125	107	30	194	14	35	30	8	278	237	242	-	247
	185	787	1557	42		116	141	39	243	17	41			356	266	309		9
	79	64	10780	335		125	135	39	240	17	22			334	267	347		19
	117	37	4236	20		129	126	36	251	18	9			276	193	90		49
	46	155	4236			152	255	21	202	11	5			409	186			51
	134	191	21144	63		101	82	28	163	14	32	68		177	181			1628
	24	169	56710	660	2	99	74	23	159	12	5			254	275	219		107
	106	891	96979	63		95	59	24	128	7	57	39		260	276	409		589
-	99	328	27949	197	2	117	125	30	198	14	24	53	-	295	235	275	-	350
	88	289	5040	23		135	222	32	223	14				398	286	281		10
	63	86	18010	79		119	135	36	258	17				309	247	299		38
	192	76	19192	22		124	124	40	248	17	52			333	263	344		24
	72	1689	853	8		152	332	19	217	11		30	10	442	221	107		5
	923	453	135290	127		81	56	23	121	7	95			344	379	666		648
	46	36	31894	159		117	81	25	148	14	9			206	189	16		70
	206	50	43651	14		121	64	20	133	9	64	11	10	253	255	241		177
-	227	383	36276	62	-	121	145	28	193	13	55	20	10	327	263	279	-	139
	133	1092	973	73		153	204	36	236	16	10		14	248	117			11
	94	83	41745	763		130	115	35	237	15	23			358	342	423		142
	106	85	14071	24		124	123	39	238	17	16			298	230	180		38
	176	215	1614	65		108	118	32	201	13	58	181		229	188	37		61
	157	85	661			100	60	67	299	18	7	47	9	105	109		3	151
	143	91	116103	1863		80	46		267	25	8			334	461	1016		6499
	456	238	80121	257	5	84	51	53	265	17	50			306	458	902		759
-	181	270	36470	508	5	111	103	44	249	17	25	114	12	268	272	511	3	1095
	110	189	1594	19		86	87	22	176	10	6			255	247	261		15
	56	175	25883	80		77	97	25	191	11	7			247	269	248	2	61
	310	85	4312	18		81	90	24	183	10	21			220	225	140		34
	69	80	11708	66		98	120	27	205	11	15	400		219	196			142
	95	66	338	25		94	57	64	303	17	5	185		87	82			60
	120	125	43812	345		81	55	53	269	14	5			219	277	312		70
	291	110	13004	26		93	55	65	312	17	22	36	11	179	231	256		74
-	150	119	14379	83	-	87	80	40	234	13	12	207	11	204	218	243	2	65
	116		448388	2929		32	21	30			94	4310		393	418	512		5778
	402	49	369333	3062		52	25	27	48		82	2569		451	419	513		5478
	126		309607	4679		66	38	38	57		123	2051		252	207	28		6339
-	215	49	375776	3557	-	50	28	31	53	-	100	2977	-	365	348	351	-	5865

Material	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cl	V	Cr
Experiment 8:													
Exp08a Tiegel innen	62,423	1,021	15,561	7,981	0,091	2,401	7,323	2,505	0,695	244	322	253	120
Exp08a Tiegel Mitte	73,714	0,847	12,249	7,216	0,012	0,881	3,250	1,715	0,115	222	368	266	125
Exp08a_1 Tiegelrand Schnitt, mit Lutum	76,381	0,781	12,295	6,166	0,022		2,590	1,633	0,133	729	215	250	122
Exp08a Tiegel aussen	71,158	0,784	16,539	4,490	0,039	1,554	2,828	2,372	0,235		236	157	108
Exp08a_2 Tiegel aussen am Lutum	61,633	0,586	12,827	5,439	0,567	3,179	8,909	6,340	0,520	53	130	96	91
Exp08a Lutum aussen	62,712	0,565	13,488	4,287	0,367	4,645	8,043	5,258	0,636	39	132	107	98
Exp08b Tiegel innen	63,020	0,962	15,107	7,630	0,177	2,778	6,739	3,116	0,471	401	502	207	114
Exp08b Tiegel Mitte	71,620	0,864	13,992	6,186	0,015	1,112	4,424	1,681	0,105	255	425	262	114
Exp08b_1 Tiegel Schnitt, mit Lutum	74,976	0,747	12,852	5,922	0,023	1,138	2,614	1,604	0,123	381	216	263	122
Exp08b Tiegel aussen	64,999	0,844	18,255	8,071	0,024	2,039	3,176	2,329	0,262	1094	345	254	165
Exp08b_2 Tiegel aussen am Lutum	58,730	0,935	20,495	7,049	0,301	2,211	4,881	4,892	0,506	1102	311	137	210
Exp08b Lutum aussen	64,730	0,630	14,162	4,373	0,243	3,050	6,131	6,155	0,525	163	142	127	100
Exp08c Tiegel innen	61,895	1,018	17,312	7,619	0,142	3,109	5,300	3,384	0,220	299	281	258	143
Exp08c Tiegel Mitte	74,336	0,760	13,214	5,960	0,014	1,395	2,596	1,595	0,129	516	443	228	123
Exp08c_1 Tiegelrand Schnitt, mit Lutum	74,433	0,802	13,978	6,246	0,016		2,584	1,803	0,138	1808	186	241	129
Exp08c Tiegel aussen	65,040	1,048	18,662	8,344	0,019	1,216	2,491	2,809	0,371	780	449	254	162
Exp08c_2 Tiegel aussen am Lutum	64,073	0,612	16,447	7,951	0,157	1,631	4,053	4,823	0,253	1281	144	143	183
Exp08c Lutum aussen	65,496	0,667	15,665	5,174	0,106	3,146	4,604	4,944	0,199	222	150	136	124
Exp08d Tiegel innen	63,073	1,034	16,878	7,177	0,131	3,035	5,507	2,681	0,485	37	213	266	135
Exp08d Tiegel Mitte	75,241	0,739	12,983	5,968	0,007	1,151	2,390	1,453	0,069	311	223	262	117
Exp08d_1 Tiegelrand Schnitt, mit Lutum	73,435	0,761	13,679	6,126	0,030	1,660	2,423	1,741	0,146	1292	258	264	121
Exp08d Tiegel aussen	65,763	0,841	18,289	6,857	0,049	2,591	3,020	2,357	0,232	2654	342	243	145
Exp08d_2 Tiegel aussen am Lutum	62,443	0,606	12,403	7,453	0,356	2,428	6,033	7,580	0,698	3270	279	126	165
Exp08d Lutum aussen	54,536	0,620	9,804	20,961	0,406	1,853	5,051	5,071	1,699	360	374	126	261
Experiment 9:													
Exp09a/b_1 Schnitt ohne Lutum	71,031	0,808	14,794	7,188	0,011	0,861	3,413	1,757	0,137	479	401	278	128
Exp09a/b_2 Schnitt Boden mit Lutum	74,416	0,857	12,938	6,730	0,024		3,167	1,753	0,115	489	418	199	127
Exp09a/b_3 abgeplatzt Lutum	58,766	0,543	10,846	4,598	0,201	4,570	5,346	14,072	1,057	728	136	99	86
Exp09c/d_1 Schnitt mit wenig Lutum	75,863	0,809	12,255	6,542	0,021		2,384	2,019	0,107	3506	224	227	127
Exp09c/d_1 weisser Belag (Pulver)	11,240	0,054	1,793	0,219	0,001		84,207	0,368	2,118	413	796		
Exp09e/f_1 Schnitt ohne Lutum	71,742	0,770	12,986	8,388	0,022		4,189	1,786	0,118	453	299	233	133
Exp09e/f_2 auf Lutum	58,198	0,523	13,159	7,164	0,770	4,728	9,113	5,281	1,063	2291	387	121	108
Experiment 10:													
Exp10a_1	72,089	0,527	14,540	4,285	0,060	1,058	3,013	4,284	0,143	10263	154	101	51
Exp10a_2	66,502	0,846	14,142	7,042	0,142	1,691	3,029	3,815	2,792	1413	294	84	75

Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb
	419	2642	3382	34		80	62	46	292	18	21			309	267	154		
	306	250	3221	27		90	55	50	284	19	15			287	230	82		10
	292	89	303	22		95	57	61	291	17	7		8	205	267	296		13
	52	40	216	29		83	68	35	222	16	8			160	81			17
	50	66	55	5		121	174	25	192	14				188	86			
	53	89	115			131	180	20	202	13	3		6	399	121			15
	151	185	2443	27		84	70	46	277	18	11		9	132	87			
	192	71	493	25		85	57	46	287	15				340	274			7
	140	80	343	21		94	57	63	297	18	6			186	229	143		16
	165	94	180	22		89	58	46	275	15	3		7	172	112			7
	53	48	1721			114	115	32	238	15	5			143	113			17
	62	87	237	4		101	126	25	203	15				331	175			
	168	314	3958	30		81	53	47	315	17	5			138	90			6
	216	122	3284	27		82	50	45	278	16	10			276	227			16
	228	89	561	24		95	60	58	271	17	15			199	257	211		11
	290	169	442	33		86	53	46	276	17	22			157	97			18
	46	116	2005	13		124	110	27	229	13	5		10	160	113			174
	41	54	169			98	100	19	199	12	15			165	35			42
	148	252	4313	21		72	72	43	267	15				293	249	162		9
	148	79	5496	25		88	52	49	296	17				303	263	238		26
	213	101	630	18		95	62	63	310	16	4			212	273	278		14
	183	116	741	24		89	62	45	280	18				253	221	83		20
	87	583	255	6		139	126	27	223	16	15	6	16	150	89			40
	129	7285	1298	15		77	101	20	169	12	15			357	150			13
	431	377	6629	41		93	53	59	294	17	129	11		174	222	195		210
	485	468	29892	24		88	50	59	290	15	71			271	395	700		74
	12	582	455	31		128	111	27	204	13	118		9	141	64			94
	222	97	9601	18		96	58	57	312	17	24			205	245	164		61
		45	195				46	4	7	8	11	14	9					
	1752	1019	3782	25	4	90	51	57	297	17	348		11	203	259	311		58
	97	127	3735	18		119	262	28	190	11	4			311	61			33
	445	142	380	11		163	80	27	140	11	74		8	238	210	5		31
	153	2487	514	69		97	83	22	180	12	5	8	2030	179	158			547

Material	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cl	V	Cr
Experiment 11:													
Exp11a Tiegel oben	72,662	2,282	20,601	2,142			0,465	1,223	0,625	21214	653	215	85
Exp11a Tiegel unten	73,532	2,592	17,536	2,950			0,934	1,512	0,943	27128	749	197	90
Exp11a Regulus	38,834	0,001	35,571	18,472	0,552		0,001	0,341	6,227	72035	2809		46
Exp11b Tiegel oben	73,196	3,674	16,857	3,682			0,613	1,472	0,506	11669	481	215	98
Exp11b Tiegel unten	68,611	2,565	22,868	2,278		1,624	0,327	1,159	0,568	15293	589	332	108
Exp11b Regulus	30,016	0,001	23,908	38,071	0,575		1,620	1,212	4,597	72681	2778		85
Exp11c Tiegel oben	77,150	0,463	14,670	2,824	0,096		0,304	1,931	2,561	44861	1431	28	
Exp11c Tiegel unten	74,916	0,741	18,963	2,020	0,018		0,251	2,445	0,646	22569	745	65	40
Exp11c Regulus	30,775	0,001	21,316	33,729	0,444		3,024	1,370	9,342	87061	2756		135
Exp11d Tiegel oben	69,120	1,005	17,024	6,113	0,061	2,693	0,588	1,477	1,919	36156	1193	98	27
Exp11d Tiegel unten	68,501	0,801	22,562	3,900	0,238		0,001	0,933	3,064	46476	1535	44	
Exp11d Regulus	19,786	0,001	20,400	43,462	0,455		11,579	0,122	4,194	63585	2199		
Exp11e Tiegel oben	73,761	0,923	18,201	2,425	0,015	1,558	0,258	2,390	0,468	15580	638	87	37
Exp11e Tiegel unten	74,670	0,897	18,739	2,571	0,018		0,383	2,413	0,309	9433	417	92	47
Exp11e Regulus	20,927	0,001	19,508	35,910	0,323	12,155	6,665	0,107	4,403	86727	2962		
Exp11f Tiegel oben	68,201	1,347	22,291	4,036	0,031	1,705	0,232	1,682	0,475	15916	617	106	89
Exp11f Tiegel unten	69,273	1,103	20,675	3,628	0,035		3,257	1,443	0,585	15334	511	116	94
Exp11f Regulus	18,190	0,001	14,608	12,912	0,253		46,246	2,165	5,624	95563	1724		
Mittelwerte der römischen Blei-«Glasuren» in Tiegeln:													
Glasuren	47,107	0,174	10,325	3,476	0,109		2,461	0,722	15,816	62462		104	31
Tiegelkeramik	71,912	0,957	17,713	1,733	0,014	1,175	2,491	1,474	0,647	10341	293	74	79
<i>Bleiglanz Augusta Raurica (Ø aus 4 Proben)</i>	18,156	0,407	12,560	23,445	0,062	5,688	3,773	0,662	5,140	78973	3292	367	359
<i>Bleiglanz Fa. Kremer Pigmente</i>	39,119		29,271	24,699	0,647			0,410	5,854	90142	1835	34	
<i>Bleiglanz Bulgarien (Ø aus 3 Proben)</i>	12,521		3,937	3,077	0,709		6,755	0,782	2,350	92647	3711	135	78
Bleiglanz (Ø)	23,265	0,407	15,256	17,073	0,473	5,688	5,264	0,618	4,448	87254	2946	178	219
Experiment 12:													
Exp12 Verbrannte Rinderknochen weiss	1,366		0,408	0,051	0,015		58,042	1,181	38,936	747	1477		
Exp12 Verbrannte Rinderknochen schwarz	0,449						61,210	0,264	38,077	108	1205		27
Exp12 Tiegel 2 aussen	52,309	0,933	16,414	1,906			10,639	5,488	12,311	783	827	131	60
<i>Tierknochen unbehandelt</i>	1,539		0,404	0,021	0,005		34,955	0,096	29,629	5249	194	6	
<i>Tierknochen entfettet</i>	0,377			0,016	0,011		33,727	0,05	31,233	2972	208	2	
<i>Tierknochen geglüht</i>	0,323			0,028	0,024		48,384	0,046	30,276	1387	564	11	19
<i>Knochenasche Fa. Kremer Pigmente</i>	<2						>52		>40				

Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb
	129	118	554	966		52	49		241	45	6	10		85				3154
	238	408	929	1486		42	55		276	53	15			194	123			5401
378	225	7334	55383	22578						434	457	156	108		147			309022
	54	51	154	561		58	49		226	40				158	100			1773
	34	102	336	648		57	50		242	43				187	103			2287
	672	13612	33249	22512						449	556	155	118					331192
66	74	1166	2778	10108		82	51		93	65				1010	536	664		46231
	74	392	1818	4047		112	66		218	48	7			601	202	48		19746
	1535	27916	19831	10819						551	411	125	74					277492
167	90	180	798	8044		66	79		223	70	20			707	380	374		31463
211	1	135	640	17598			25			127		49		1629	1116	1816		109100
351	253	22096	20491	24675						357	953	223	219					328035
	72	28	547	2536		113	64		242	42				661	286	189		14170
	52	60	1002	1914		114	59		241	48				810	333	336		20280
494	75	6599	36531	24924		1				297	428	176	110	228				293304
	94	53	2738	3007		62	45		202	104	21			559	305	256		37829
	240	1270	1971	3262		46	52		152	99	26			794	531	666		40099
107	217	4388	18593	12233						291	319	143	82	189	168	34		223436
81	61	24472	5286	35049	62	471	60		85	306	10084	995	7029	21334	907	1804	17	315425
28	44	57	41	832	15	31	38	33	284	33	119		7	139	137	209	4	3935
260	198	1186	1853	16137		60	5			662	806	245	235	300	354	507		231746
310	194	10422	26975	22435						498	352	223	151					300075
326	304	1307	97230	15675						469	171	641	98	150	156			212640
299	232	4305	42019	18082		60	5			543	443	370	161	225	255	507		248153
	43		339		2	2	110		5	5				309	333	273	2	5
			271			2	174	2	6	6	10	13	11				10	4
	14	219	1187	10		147	125	31	247	23			36	467	184	21		40
			121				98			1	5	3		92			7	
21	27	37	275				123			1			5	251	128		5	
51	52	10	67		4		93			2	23	28	13	647	270	314	6	

Tabelle 6: pXRF-Analysen von metallischen Bohrproben von Legierungen und Reguli, die bei den Experimenten 7–10 entstanden sind. Gelb hinterlegte Felder = Durchschnitt der Zusammenschmelze; braun hinterlegte Felder = Durchschnitt rechnerisch. Messungen Markus Helfert im Modus «Alloy».

Material	Cu	Sn	Zn	Ø Zn	Pb	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Experiment 7:												
Exp07a Regulus 1	86,921	0,015	12,211	12,5	0,389	0	0,018	0,03	0	0,007	0,075	0
Exp07a Regulus 2	85,143	0,018	13,581		0,595	0	0,028	0,018	0	0	0,115	0
Exp07a Regulus 3	84,021	0,017	14,92		0,582	0	0	0	0	0	0,066	0
Exp07a Regulus 4	89,914	0,009	9,421		0,159	0	0,013	0	0	0	0,174	0
Exp07b Regulus 1	91,435	0,012	7,724	7,2	0,142	0	0,005	0	0	0	0,229	0
Exp07b Regulus 1	91,883	0,018	7,298		0,263	0	0,009	0	0	0,007	0,126	0
Exp07b Regulus 3	92,865	0,016	6,325		0,335	0	0,008	0	0	0	0,069	0
Exp07b Regulus 4	91,542	0	7,605		0,2	0	0,005	0	0	0	0,07	0
Exp07c Regulus 1	87,246	0,011	11,994	11,9	0,224	0	0,015	0	0	0,008	0,133	0,005
Exp07c Regulus 2	88,163	0,014	11,165		0,176	0	0,025	0	0,035	0	0,15	0
Exp07c Regulus 3	86,732	0,014	12,643		0,284	0	0	0	0	0	0,141	0
Exp07d Regulus 1	92,325	0,011	7,203		0,152	0	0,009	0,025	0	0	0,05	0
Exp07d Regulus 2	92,428	0,014	7,173	7,4	0,175	0	0,006	0,163	0	0	0,04	0
Exp07d Regulus 3	90,919	0,016	7,789		0,31	0	0,019	0	0	0,007	0,266	0
Exp07e Zusammenschmelze	89,644	0,017		5,5	0,467	0	0,048	0	0	0	0,037	0
Exp07e_1	81,256	0,008	16,519	18,3	0,167	0	0,021	0,023	0	0,016	0,268	0
Exp07e_2	73,67	0,018	19,428		3,157	0	0,013	0,021	0	0	0,072	0
Exp07e_3	81,379	0,016	18,101		0,183	0	0	0	0	0	0,087	0
Exp07e_4	63,861	0,034	21,967		6,905	0	0,011	0,006	0	0	0,068	0
Exp07e_5	83,627	0,012	15,587	18,3	0,055	0	0,004	0	0,148	0	0,063	0
Experiment 8:												
Exp08a Regulus nach 20 Minuten	95,324	0	4,335		0	0	0,032	0,040	0	0	0,031	0
Exp08b Regulus nach 1 Minute	95,039	0,010	4,739		0	0	0,074	0,043	0	0	0,072	0
Exp08c Regulus nach 1 Minute	82,096	0,062	16,687		0,964	0	0,031	0,036	0	0	0,076	0
Exp08d Regulus nach 20 Minuten	83,971	0,087	14,761		0,986	0	0,032	0,031	0	0,012	0,066	0
Experiment 9:												
Exp09a nach 11 Minuten	60,45	0,12	36,28		2,77	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,20	0,00
Exp09b nach 26 Minuten	60,89	0,14	35,87		2,70	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,20	0,00
Exp09b1 nach 36 Minuten	61,87	0,14	34,89		2,74	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,19	0,00
Exp09b2 Regulus 1 nach 56 Minuten	62,82	0,14	33,74		2,90	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,20	0,00
Exp09b2 Regulus 2 nach 56 Minuten	62,75	0,16	33,89		2,83	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,20	0,00
Exp09c/d Regulus 1	84,18	0,07	14,00		1,49	0,00	0,02	0,05	0,00	0,01	0,13	0,00
Exp09c/d Regulus 2	95,27	0,06	2,21		1,67	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,15	0,00
Exp09c/d Regulus 3	96,63	0,00	3,23		0,06	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00
Experiment 10:												
Exp10a Regulus nach 23 Minuten	89,746	8,888	0,131		0,28	0	0,104	0,063	0	0	0,155	0
Exp10b nach 15 Minuten	90,496	8,656	0		0,078	0	0,068	0,042	0	0	0	0
Exp10b nach 3 Stunden	91,644	7,587	0		0,02	0	0,059	0,007	0	0	0,011	0
Exp10b nach 35 Minuten	90,57	8,608	0		0,092	0	0,07	0,014	0	0	0	0
Exp10b nach 55 Minuten	90,878	8,38	0		0,07	0	0,069	0,004	0	0	0	0

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:

10.19218/3906897202

Ni	As	Se	Zr	Nb	Mo	Ru	Pd	Ag	Cd	Sb	W	Au	Hg	Bi
0,012	0,313	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0	0	0	0
0,016	0,472	0	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0	0	0	0
0,009	0,376	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0	0	0	0
0,007	0,301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,433	0	0	0	0	0	0	0,009	0	0,011	0	0	0	0
0,012	0,378	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004
0,012	0,361	0	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0	0
0	0,567	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0
0,036	0,327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,026	0,225	0	0	0	0	0	0	0,007	0	0,013	0	0	0	0
0,023	0,148	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0	0	0	0
0,008	0,215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,012	0,659	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,226	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,015	0	0	0	0
0,009	1,704	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0,005	0	0	0	0
0	3,593	0	0	0	0	0	0	0	0	0,015	0	0	0	0,011
0,007	0,218	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0	0	0	0
0,01	7,097	0	0	0	0	0	0	0	0,012	0,028	0	0	0	0
0,014	0,479	0	0	0	0	0	0	0,009	0	0	0	0	0	0
0,237	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,013	0,009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,07	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,427	0,204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,418	0,207	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033	0	0	0	0
0,416	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033	0	0	0	0
0,428	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0,036	0	0	0	0
0,408	0,149	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0

Tabelle 7: Analysen von möglichen Zuschlags- und Hilfsstoffen, die in der Antike im *Lutum* (s. Rekonstruktionen Abb. 115 und 117) und in anderen metallurgischen Anwendungen hätten Verwendung finden können. Die Daten dienen dem Vergleich mit den archäometrisch und experimentell nachgewiesenen Spuren (z. B. Tabelle 4). Messungen Markus Helfert und Thomas Hahn.

Proben-Nr.	Modus	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cl	V	Cr	Ni	Cu	Zn	As
Organische Stoffe																		
Organische Stoffe Varia																		
Urin Kuh, Trockenpräparat	Mining	0,473			0,006		4,252		43,682		759	144724						
Urin Mensch, Trockenpräparat	Mining	0,456						6,708	18,002	9,031	48366	33086					43	
Eselsmist	Mining	33,859	0,458	3,385	2,948	0,081		5,902	10,303	4,039	3689	2334	77			112	263	10
Eselsmist	TestAll Geo	46,469	0,160	5,414	3,228	0,115		6,348	13,572	4,881	4604	3335	62	205		99	328	9
Bienenwachs	Mining	0,294		0,127				0,031			93					21		
Leinöl	Mining	0,874	0,018	0,362	0,005	0,005	1,108	1,723			100	103				44	11	
Muschelschalen	Mining	0,844		0,306	0,061			55,884	0,025	0,013	468	1911		30	18			
Knochen, Horn, Haare und Haut																		
Knochen unbehandelt	TestAll Geo	1,539		0,404	0,021	0,005		34,955	0,096	29,629	5249	194	6				121	
Knochen entfettet	TestAll Geo	0,377			0,016	0,011		33,727	0,05	31,233	2972	208	2		27	37	275	
Knochen gegläht	TestAll Geo	0,323			0,028	0,024		48,384	0,046	30,276	1387	564	11	19	52	10	67	
Horn Rind, Sammlungsstück	TestAll Geo	36,415	0,002	17,623				0,362		3,71	35344	1061					204	
Horn Rind, Späne	Mining	0,186						7,331	0,247	3,941	8823	919					129	
Kuhhaare	Mining	1,525	0,019	0,314	0,071			2,533	3,907	0,227	124645	7882				78	722	
Kuhhaare	Mining	2,582	0,030	0,841	0,089			3,310	6,642	0,214	87406	6876				57	594	
Kuhhaare	TestAll Geo	13,193	0,001	3,812	0,203			5,310	9,546	0,697	161326	16182	27	117		49	789	
Leder alt	TestAll Geo	34,301	0,109	7,806	0,08			2,314	0,755	1,931	19125	9120		84		127	222	8
Leder neu	TestAll Geo	21,518	0,002	3,094	0,013			1,899	0,081	2,339	12275	8135				36	9	
Gräser und Getreide																		
Gras-Heu	Mining	19,452	0,083	1,371	0,278			12,653	12,479	2,377	3852	4099				59	129	
Getreidemehl, Weizen	Mining	0,080		0,064			0,373	0,077	0,380	0,395	1804	710					5	
Getreidedrusch	Mining	58,414	0,016	0,107	0,128			0,464	1,147	0,284	501	51				10	112	
Getreidestroh, Weizen	Mining	25,424		1,382	0,084			4,166	14,604	0,505	3478	12873				116	85	
Holz																		
Eichenholz	TestAll Geo	0,736	0,004					0,098	0,096		82							
Tannenholz	TestAll Geo	0,382						0,206	0,131		55							
Buchenholz	TestAll Geo	1,006	0,006	0,123		0,014		0,555	0,234		521							
Eichen-Asche	TestAll Geo	0,765			0,291	0,104		31,503	7,749	0,892	1806	137	11			79	704	5
Buchen-Asche	TestAll Geo	1,283	0,063	0,207	0,674	2,213		25,515	13,148	0,334	1071		30	35		111	339	7
Tannen-Asche	TestAll Geo	3,810			0,262	0,201		15,777	5,599		1010	139	41	207			299	
Buschwindröschen-Asche	TestAll Geo	0,857	0,096		0,294	0,045		33,238	8,000	0,329	274	223	46	96		299	348	9
Holz-asche	Mining	6,612	0,140	3,970	0,507	0,068	3,877	47,891	11,430	3,085	1910	569	33			473	517	10
Eichen-Holzkohle	TestAll Geo	0,561		0,174	0,005			3,602	3,442	0,723	1000	71	17	145		40	38	
Tannen-Holzkohle	TestAll Geo	0,685		0,162		0,017		4,990	1,884	0,174	1526	2396		78		12	29	
Buchen-Holzkohle	TestAll Geo	0,360		0,102		0,093	1,354	3,644	3,202	0,421	501	303				26	6	
Holzkohle	Mining	2,480	0,088	0,741	1,725	1,093	3,605	26,917	5,127	0,443	3608	13633				84	166	6
Holzkohlepulver (Goldschmiedebedarf)	TestAll Geo	7,259	0,17	5,49	6,753	2,537	3,332	46,117	22,868	0,926	8614	1914	34	52	55	1299	9210	124
Pottasche	Mining	0,083	0,015	0,232					63,878									5
Eier																		
Ei, Gelb	Mining	0,119		0,085				0,500	0,289	3,811	3061	3706					94	
Ei, Weiss	Mining	3,691		3,685		0,073				0,906	17011	9901				74	26	
Ei, Schale	Mining	0,282		0,164				48,028	0,161	1,505	9865	450						
Anorganische Stoffe																		
Metalle																		
Eisenfeilspäne	Mining	3,448		1,609	93,756	0,727		0,064	0,052		940		125	1129	564	1526		145
Eisen-Hammerschlag	Mining	3,866	0,267	3,936	90,192	0,302		0,976	0,391	0,070	5685	568	219	762	274	706	1086	212
Eisen-Hammerschlag	TestAll Geo	3,700	0,255	3,768	86,333	0,289		0,934	0,375	0,067	1714	698	204	1497	367	1775	950	173

Download der Tabelle unter:

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:

10.19218/3906897219

Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb	Bi	Th	Co	Sc	Mo	Pd	Sb	Te	Cs	Hf	Ta	W	Re	Au	U
3	77			9	6				47	67		258		88														
	50	35	2	8	12	15	28	13				48																
	34	61	13	74	22	8	23	15				8	7															
	38	59	15	59	22							13					13	21							238			5
		3	7	10	14	8	24	7																				
		55	11	19	18	7	23	6								62												
		1636	2	25					267	309	252	10																
		98			1	5	3		92			7					93		5	4	26				25		2	
		123			1			5	251	128		5				21	120		6	10	65	11			4		4	
4		93			2	23	28	13	647	270	314	6			2	51	72	3	15	27	231	29			14		10	2
			6	6	11													8										
		8	3	5	9	9	19	6				11																
3	7	13	9	17	20	12	24					19																
	7	12	9	15	19	12	24	13				22																
10	9	17	15	16	22							25					3	15							277		6	
		43	11	13	17							21	29				10	11							42		5	
	4	166	10	8	17							16					14	12							15		7	
5	14	39	10	18	21	8	28					20																
		5	8	12	16	7	25	7																				
	7	18	9	23	15	7	18	8																				
13	6	15	10	18	20	7	35					13																
	5	6	6	7	11													11										
	5	10	9	9	17													15									4	
	5	5	6	8	13													12									2	
218	593			18	18							8					136	15									12	
365	320			67	12							139		109			152	10									13	
33	86	14	17	25													7											
72	162	5	27	10								4	47			24	272	12									5	
	90	197	5	37	14	9	18	8				5	59															
	20	36	14	17	23							11					7	20									6	
	8	26	11	12	19													15									5	
	34	22	10	14	20												12	15									6	
	26	104	9	15	19	9	32	7				6																
10	562	940		61	24				1121			12	1435				96	20							167		6	15
	19				4					43		2																
	2	2	5	9	13	9	22	8				23	13															
	12	102	9	19	18	11	28	7				34	42															
		179		4					122	128																		
					34	32		518	294	291	308																	
		205	22	53	7	17		25	1693	180	77		68															
		59	8			39		88	304	206	110		47					63	50	46	330	32						

Proben-Nr.	Modus	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cl	V	Cr	Ni	Cu	Zn	As
Gläser																		
Glas römisch	Mining	82,598	0,093	7,663	0,543	0,361	1,384	6,307	0,774	0,277	450	2263	17			250	13	
Glas römisch gemischt	Mining	86,666	0,105	1,977	2,140	0,508		7,725	0,749	0,130	541	3821	22	13		93	15	
Glaspulver	TestAll Geo	79,598	0,018	1,977	0,695		4,231	9,877	1,845	0,04	538	49	17	24		25	63	4
Glas modern	Mining	86,566	0,034	1,457	0,050		2,217	8,005	1,620	0,051	573	46						
«Chemikalien»																		
Essig, Trockenpräparat	Mining	0,499			0,074		1,858	2,783	16,328	2,182	4731	2099					96	
Gips, Pulver	Mining	1,510			0,029			36,775	0,046		144646							11
Gips abgebunden	Mining	0,996			0,048			31,570	0,115		132603	29						
Hydraulischer Kalk gelöscht	Mining	2,926	0,060	0,826	0,890	0,015	2,966	54,154	1,654	0,044	374	53		20				
Hydraulischer Kalk Pulver	Mining	9,271	0,149	3,551	1,754	0,029	3,408	71,962	1,468		844	640	58	68		14	21	11
Weinstein (Naturpräparat)	Mining	0,795			0,066		0,731	0,219	35,847		835	19				161	8	
Weinstein (Fa. Kremer)	Mining	0,419					0,788		38,249									
Kochsalz	Mining		0,012					0,323			1278	302431						
Steine und Erden																		
Marmorpulver	Mining	0,574		0,485	0,118			63,019	0,173	0,015	632	55				1481	16	
Quarzsand	Mining	98,853	0,064	0,707	0,050			0,088	0,087	0,152			15					
Kreide	Mining	0,918		0,432	0,146	0,027	2,670	60,955	0,035	0,049	163				26		11	
Talk	Mining	49,204	0,357	8,688	2,242		29,402	1,046	0,020	0,179	263	110	81	52				
Schamotte aus Keramik	Mining	75,371	0,938	14,707	5,067		1,239	0,583	1,972	0,122			92	65			70	16
Ziegemehl (römisch, Vindonissa)	Mining	62,900	0,948	16,808	8,667	0,166	3,771	2,193	4,342	0,205			189	240	86	47	189	16
Walkerde	Mining	73,303	0,102	9,567	1,568	0,009	1,749	3,185	0,593	0,089	804	48	29	13			22	8
Alaun «Osma», Frankreich	Mining	0,287		8,216					10,293		179409	289						
Alaun «Aleppo», Türkei	Mining	0,228	0,008	8,704					10,312		183204	198						
Flussspat	Mining	1,208		0,601	0,124	0,013		97,951	0,048	0,057	388			119	44	89	8	9
Flussspat Sachtleben	Mining	0,868			0,092			98,964	0,040	0,037	268			126	53	36	7	11
Flussspat Sachtleben	Mining	0,837		0,529	0,086			98,449	0,052	0,047	265			160	36	49	7	10
Erze																		
Galmei, Zinkspat	Mining	0,871		0,433	0,089	0,009		70,638	0,035	0,041	1288	98	39	111	116		448388	2929
Galmei grob (Wiesloch)	Mining	0,605		0,382	0,062			71,109	0,038	0,034	956		39	149	402	49	369333	3062
Galmei fein (Wiesloch)	Mining	0,620		0,000	0,066			70,706	0,028	0,027	1152	28	93	162	126		309607	4679
Bleiglanz, Bleisulfid	TestAll Geo	12,226		3,938	8,204	1,610			0,112	3,373	94597	7591	135	50	262	106	11966	20578
Bleiglanz (Fa. Kremer)	Mining	39,119		29,271	24,699	0,647			0,410	5,854	90142	1835	34		194	10422	26975	22435
Bleiglanz Bulgarien	TestAll Geo	15,790		1,341	0,789	0,396		6,755	0,096	0,194	71465	856		106		420	255793	5101
Bleiglanz Bulgarien, Schmelze	TestAll Geo	9,546		6,531	0,237	0,120			2,138	3,484	111878	2685			345	3395	23932	21345
Bleiglanz Inv. 1961_03320_a	TestAll Geo	8,25		7,52	0,04	0,06			0,08	6,38	148365	4533			246	165	173	26372
Bleiglanz Inv. 1980_06458_a	TestAll Geo	11,43		8,19	0,17	0,06		0,45	0,13	6,17	123338	4056				2893	6966	24722
Bleiglanz Inv. 1980_20226_a	TestAll Geo	42,16	0,41	28,79	2,01	0,10	6,19	10,57	2,22	7,56	43684	4263	154	110	234	140	195	12265
Hämatit/Bleiglanz Inv. 1980_13409_a	TestAll Geo	10,78		5,74	91,55	0,03	5,19	0,31	0,22	0,45	504	316	579	609	112	1544	76	1190
Bleiweiss, Bleikarbonat	Mining	3,691		3,685		0,073				0,906	58356	2236			291	72	202	31008
Menninge, Bleioxyd	Mining	3,717		3,985	0,034	0,190		0,551		0,644	56315	1521	410		254	188	191	23243
Analyse-Hilfsmittel																		
Papier	Mining	2,301	0,065	1,122	0,090			42,991	0,040		752	963				61	29	
Schleif- resp. «Schmirgel»-Papier	Mining	1,891	0,702	5,253	0,915			27,630	0,221		138	283	44			107	35	
Minigrip-Plastiktüte leer	Alloy		(Ti: 3.678)		(Fe: 3.264)								10,23	34,24				

Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Ba	La	Ce	Hg	Pb	Bi	Th	Co	Sc	Mo	Pd	Sb	Te	Cs	Hf	Ta	W	Re	Au	U
	11	414	6	57				66	290	109		8	238															
	10	422	6	56	3	7	14	76	58			8	273															
	55	77	6	108	10							11	31		2		45	12							64			4
	43	56		82				8	316	56			12															
	83	95		3	7	8	24	8				22																
		1746		28	6	8	11	14					29															
		2045	2	34	2				92	120																		
	70	928	3	29	6				134	79		2																
3	50	1001	10	54	14	18	14	13				11	6															
	62	8	5	12	15	10	24	28					24															
	36		2	5	8	12	17	9																				
2	11	7		6	5	6	6	14				153		54														
		200	9	7	7	231	21	17					417															
		10	3	29		3				27																		
		323	7	13	3				229	276	251	2																
	3	5	7	117	18	10	12	16																				
148	76	38	317	22	6	8	12	287					39															
	196	91	29	177	24	12	19	10	77				36															
	26	164	25	119	41	10	15	13					15															
	9								55	137																		
	22								50	126																		
4	2	147	67	7	5	7			4188	171		4	20															
2	2	141	66	9	4	7			3787	121		5	20															
3		142	64	10	5	11			3763	82		5	21															
	32	21	30			94	4310		393	418	512		5778															
	52	25	27	48		82	2569		451	419	513		5478															
	66	38	38	57		123	2051		252	207	28		6339															
					569	170	142	108		126			254401				5	7	763	897	4346	382						
					498	352	223	151					300075		4981	310												
					155	153	1465	25	150	186			64041					5	114	79	478	44						
					683	190	316	160					319477		3945	326	6		1557	942	7342	631						
					674	257	248	223					331149			272	3		3156	2207	16494	1384						
					644	2782	414	344					317850			248	15		1929	4170	9570	830						
					669	166	75	137	271				277851						877	624	4830	406						
	60	5				18			330	354	507		131		905				30	66	307	33						
					489	72	171	157					332305		8737	284												
		2335			293	59	153	126	142861		13		300499		6652	364												
4	3	155	11	22	19	10	22					2																
	2	22	15	775	17	10	22	12				6																
																		0,22							5,93			

Konkordanzen

Konkordanz der Schmelztiegel nach Inventarnummern

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:
10.19218/3906897226

Konkordanz der Schmelztiegel nach Insulae und Regionen (Abb. 30)

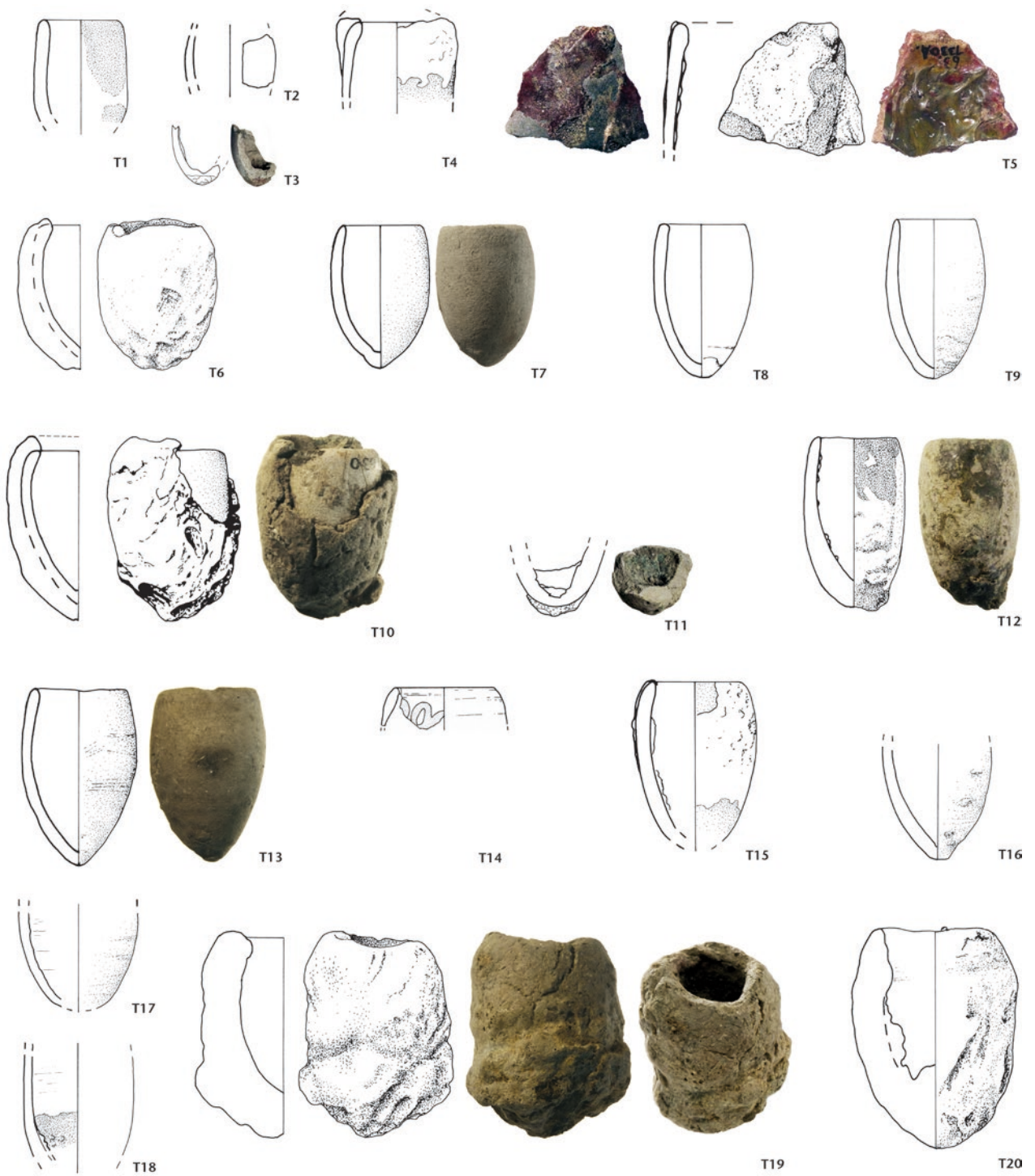
<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:
10.19218/3906897233

Konkordanz der Schmelztiegel nach Grabungs- resp. Vorgangsnummern

<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:
10.19218/3906897240

Konkordanz der Schmelztiegel nach Fundkomplexnummern

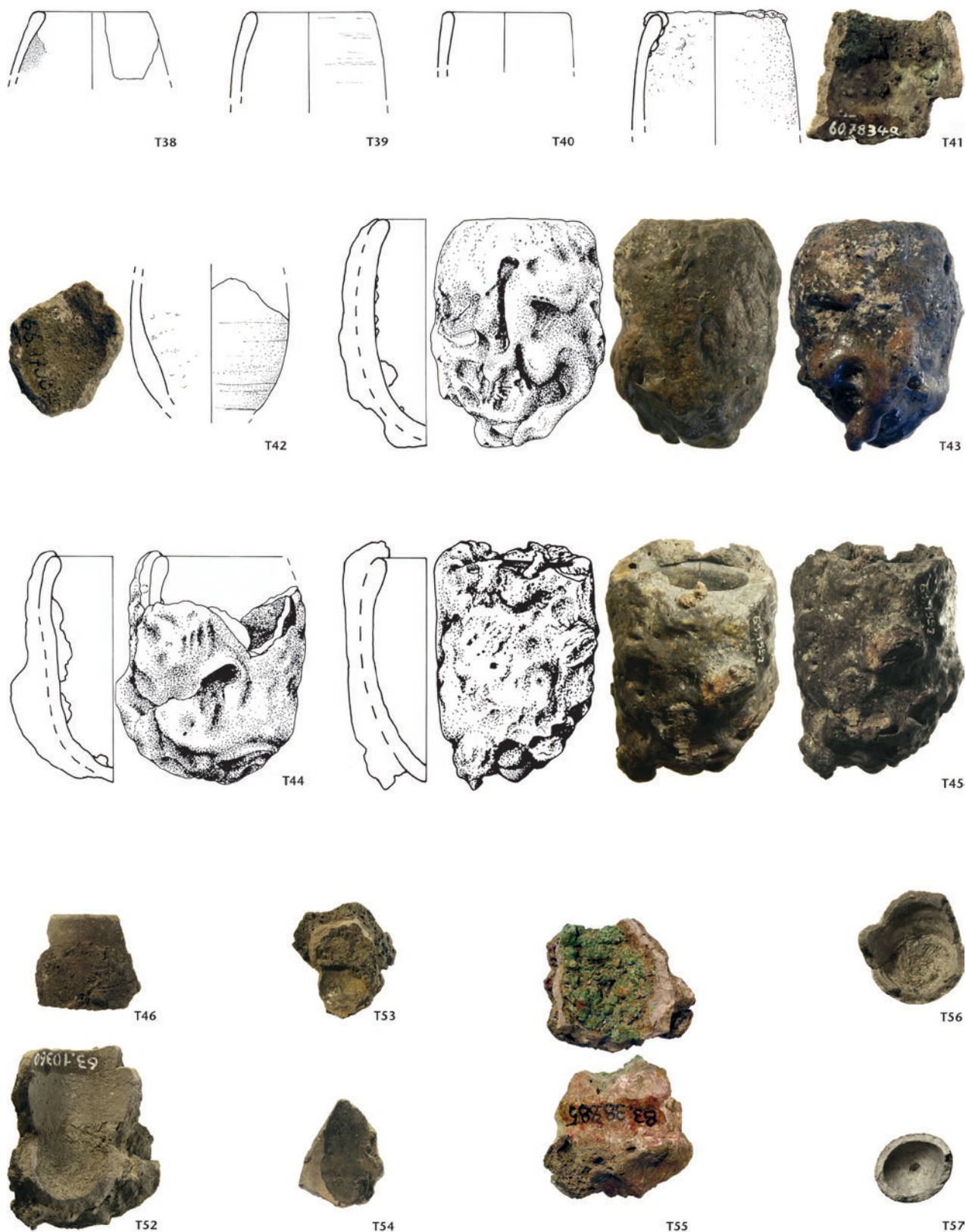
<http://librum-publishers.com/antike-schmelztiegel/> oder via folgende DOI:
10.19218/3906897257



Tafel 1: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «klein» **T1-T20**. M. 1:2.

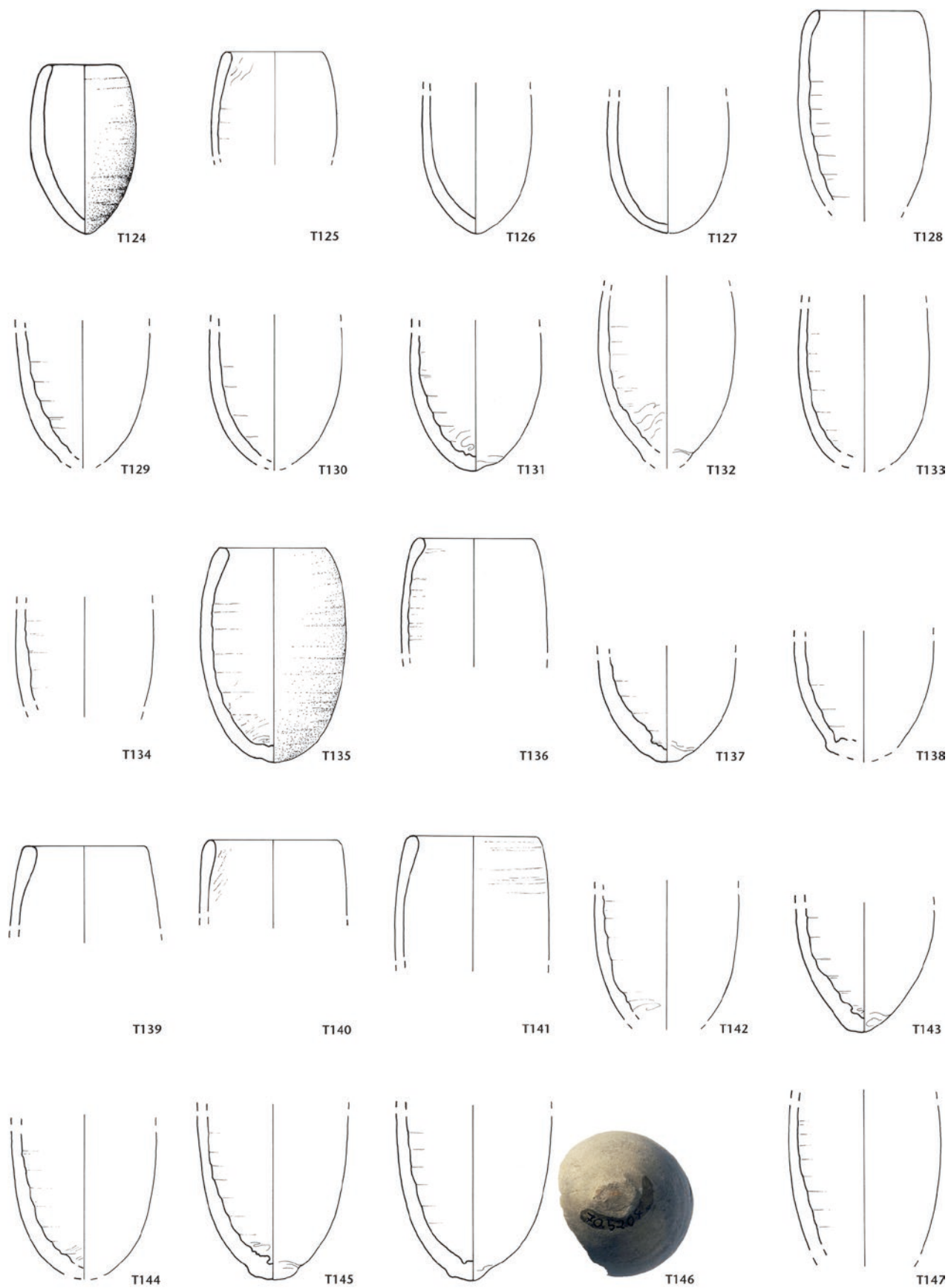


Tafel 2: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «klein» T22-T37. M. 1:2.

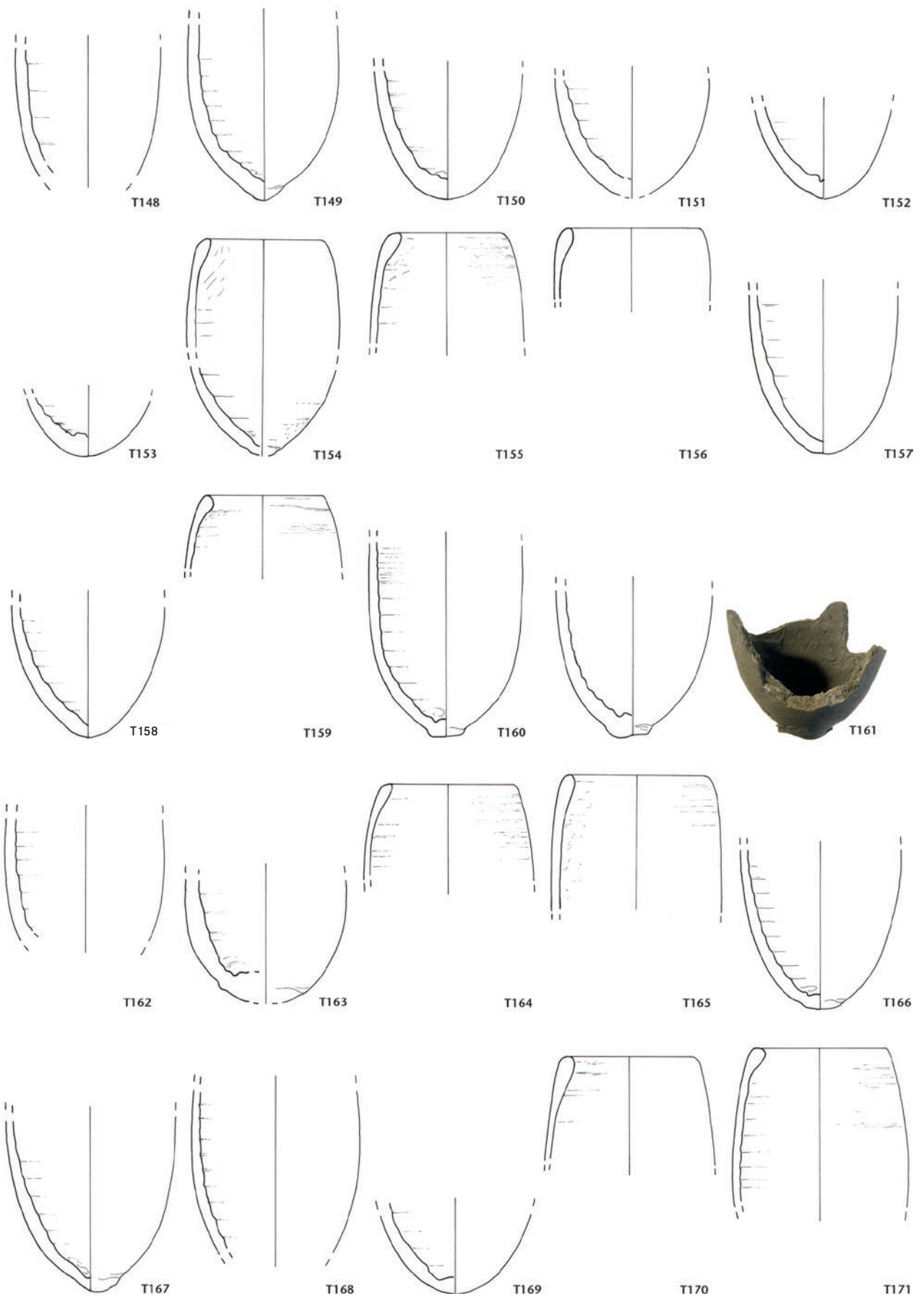


Tafel 3: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «klein» **T38–T57**. M. 1:2.

Tafel 4

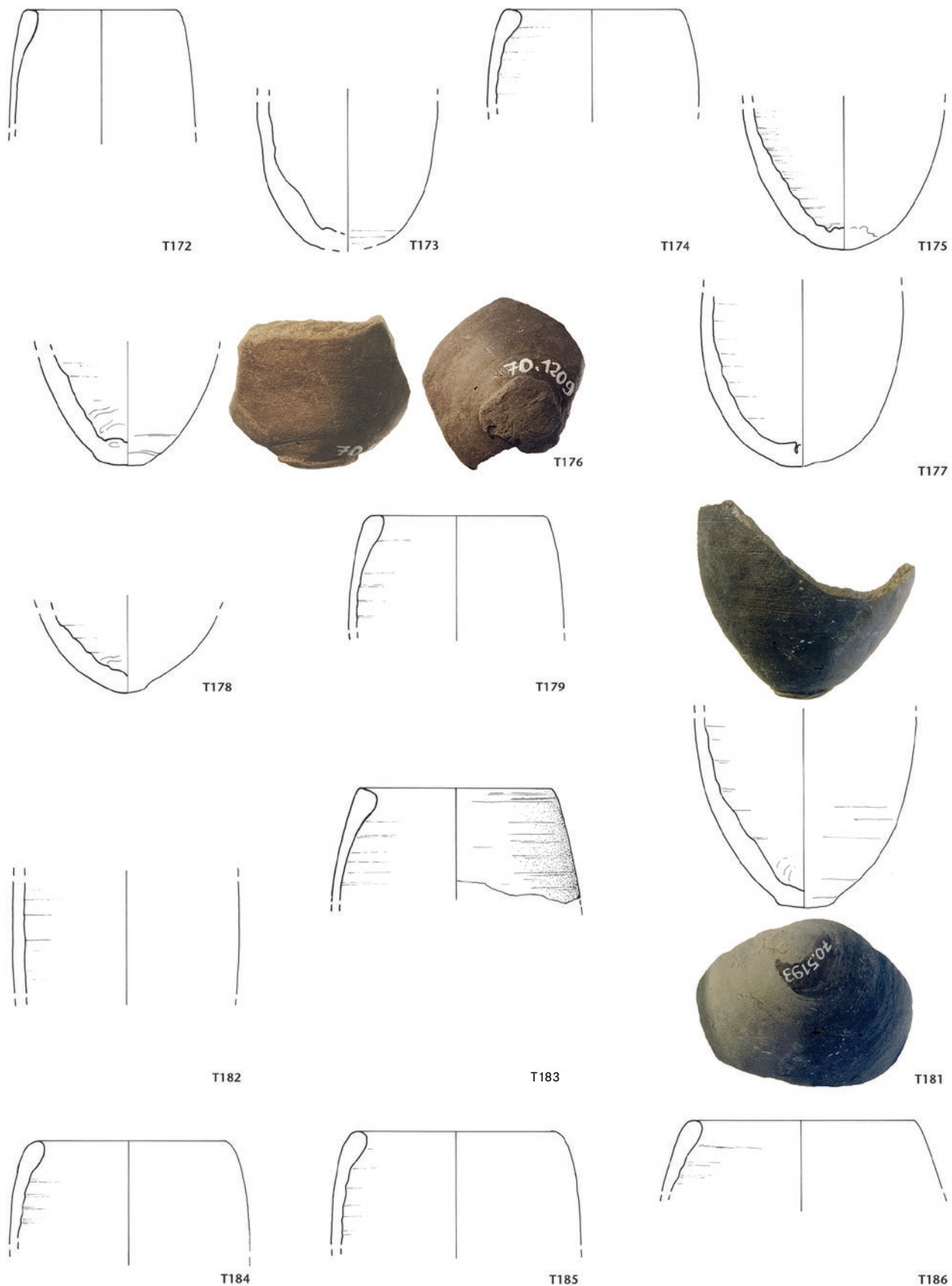


Tafel 4: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «klein» **T124–T147**, unbenutzt, aus dem «Händlerdepot» in Insula 19. M. 1:2.



Tafel 5: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «klein» **T148–T171**, unbenutzt, aus dem «Händlerdepot» in Insula 19. M. 1:2.

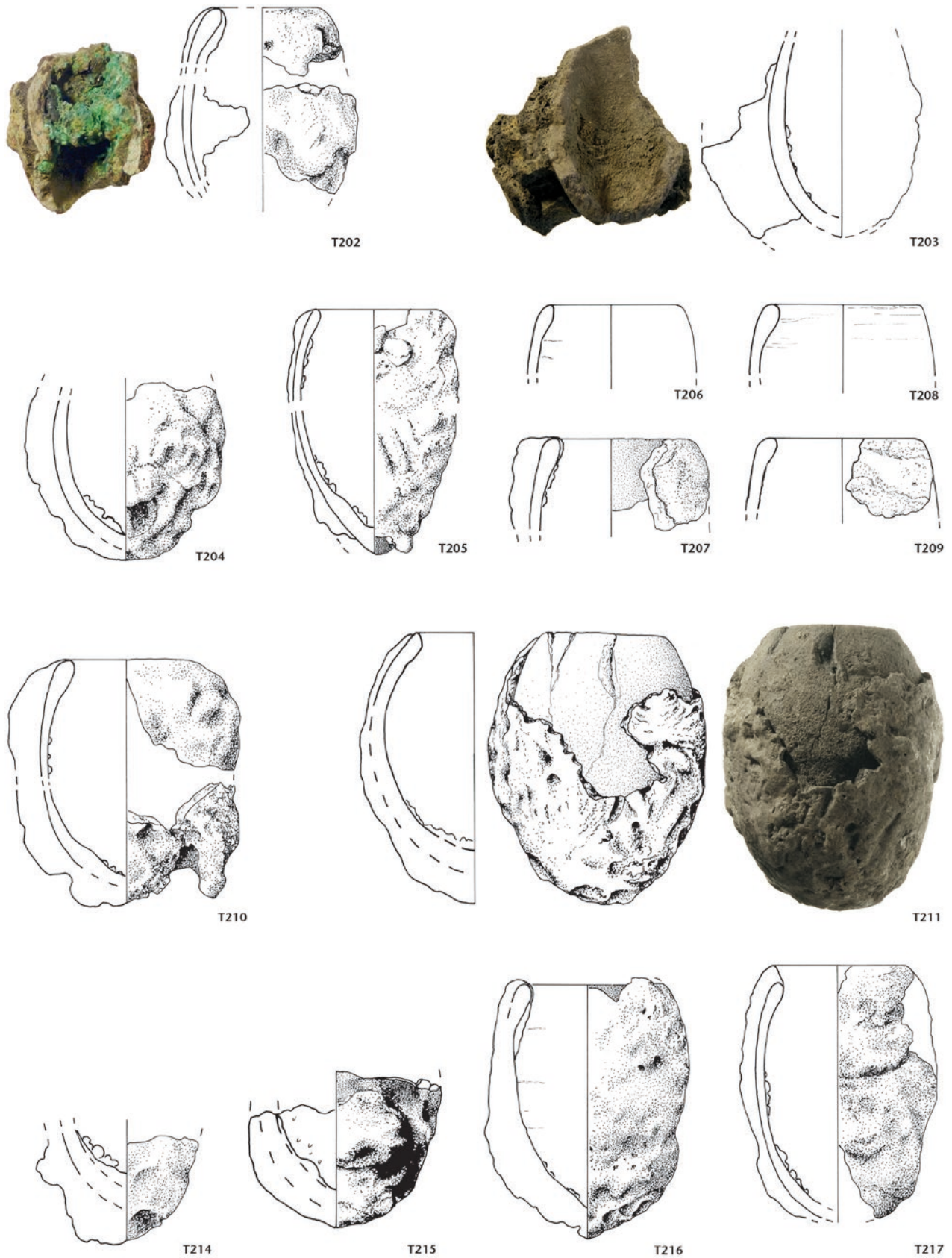
Tafel 6



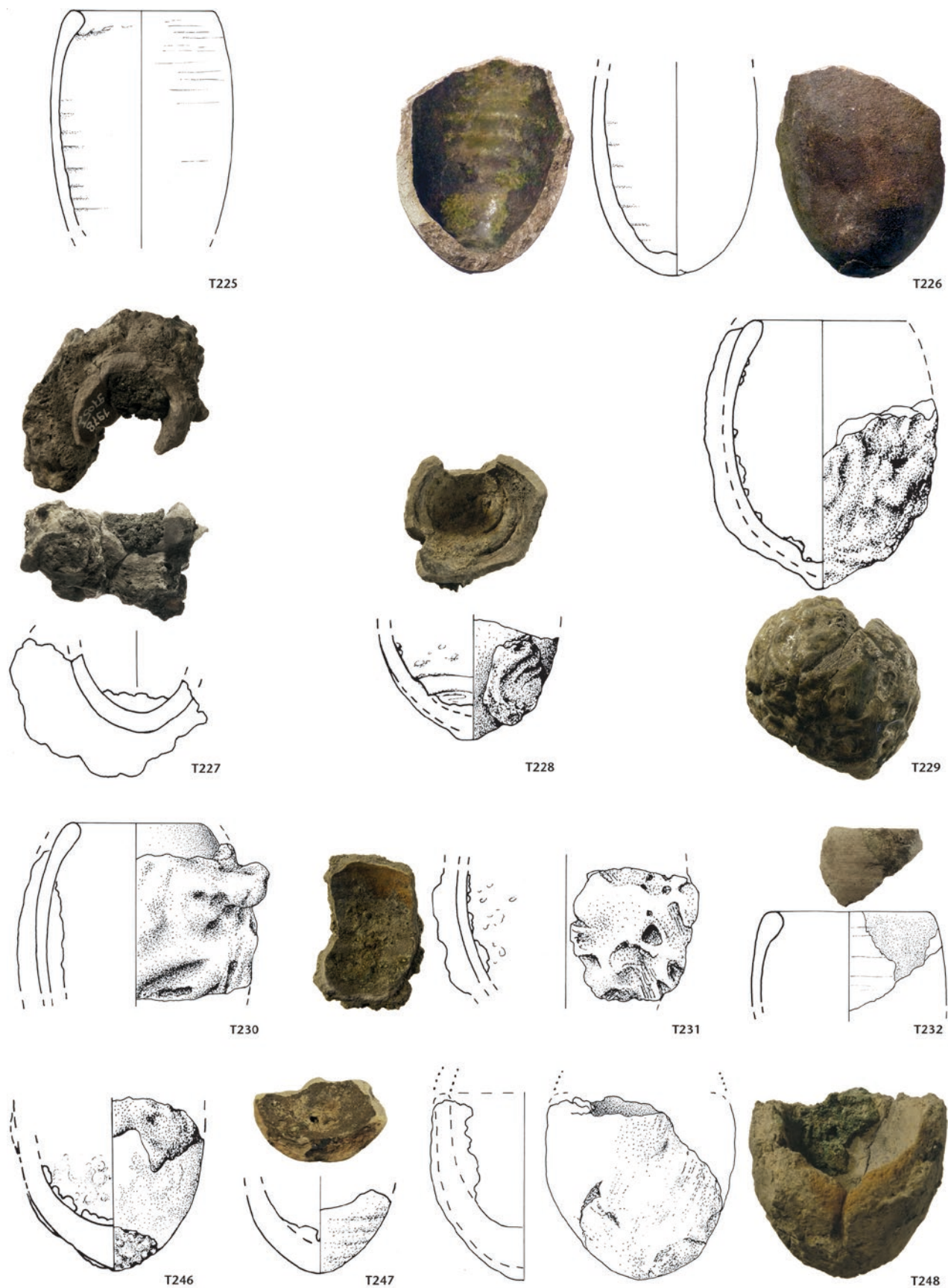
Tafel 6: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «klein» **T172–T186**, unbenutzt, aus dem «Händlerdepot» in Insula 19. M. 1:2.



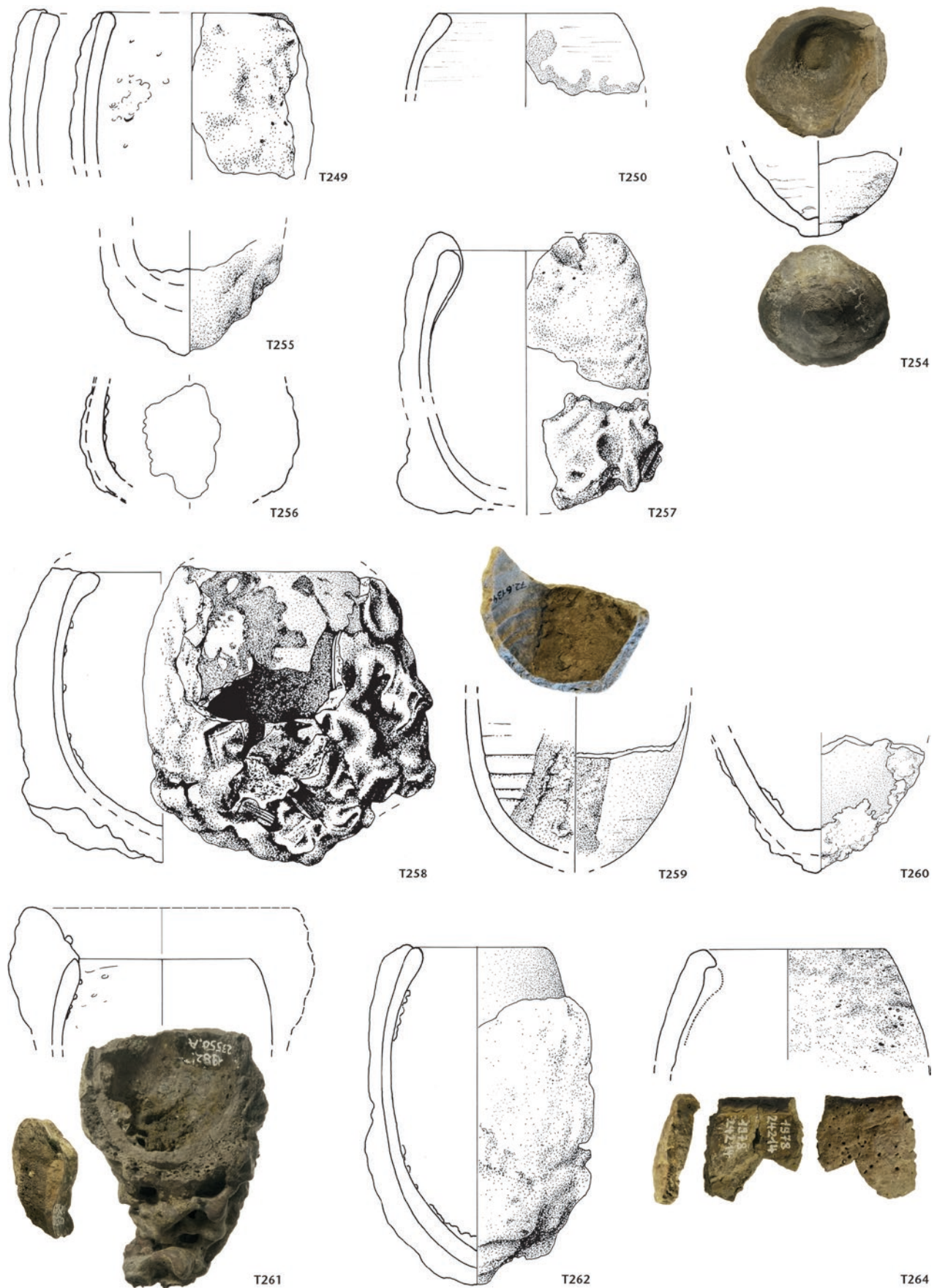
Tafel 7: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «mittelgross» T188–T197. Das ► bei T189 weist auf Schmelzglasur hin, die über die Bruchkante geflossen ist. M. 1:2.



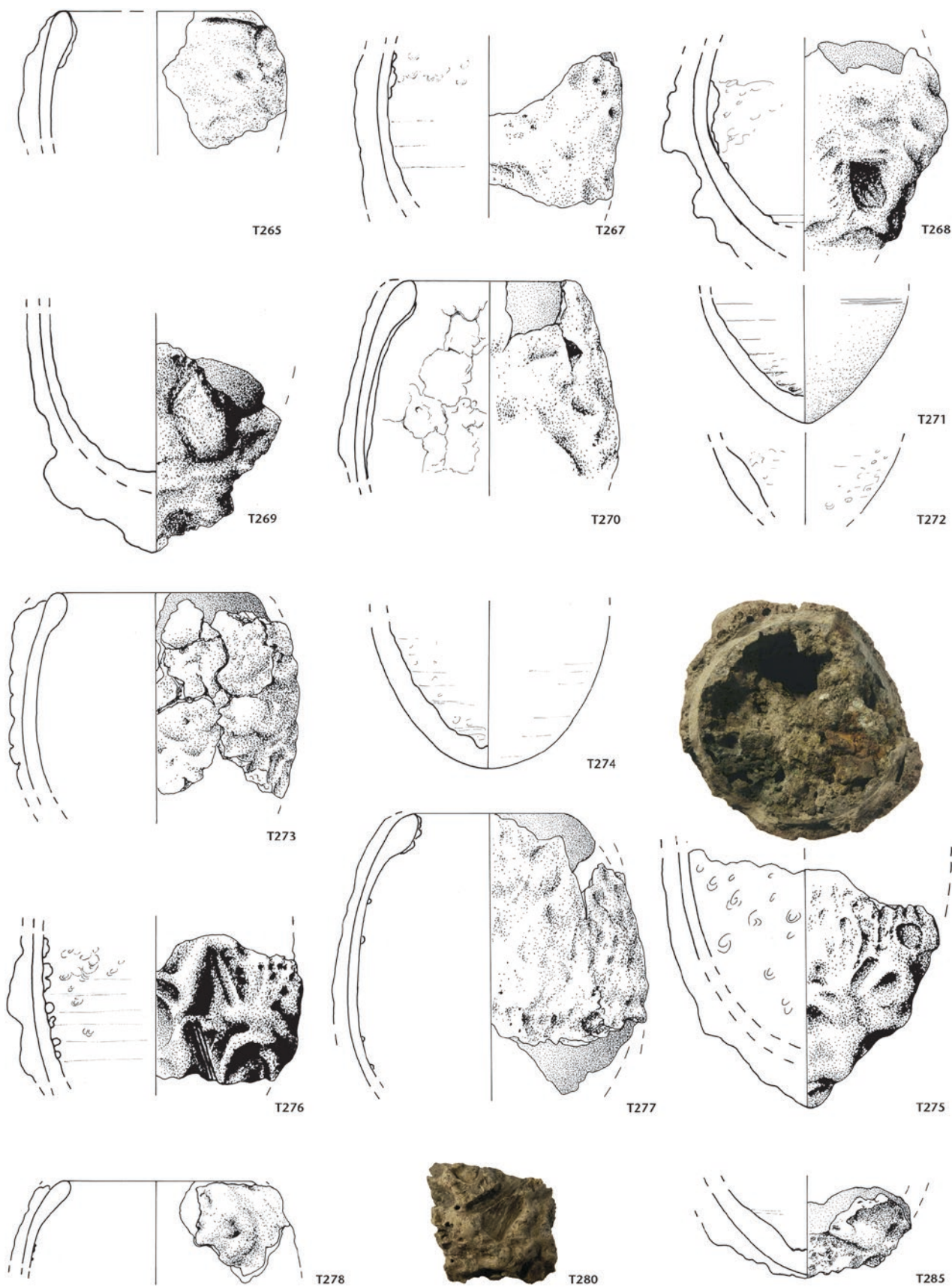
Tafel 8: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «mittelgross» T202–T217. M. 1:2.



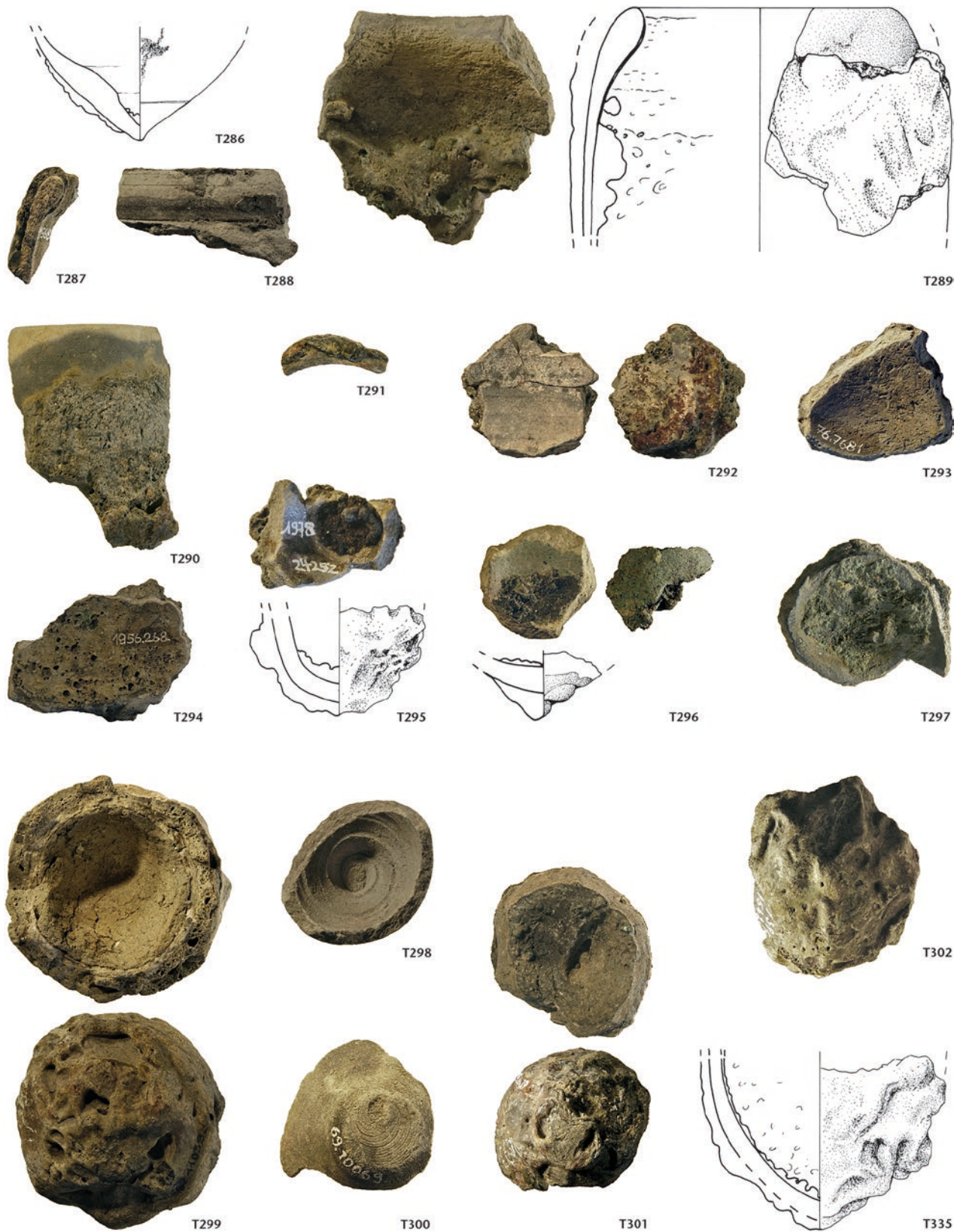
Tafel 9: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «mittelgross» T225–T248. M. 1:2.



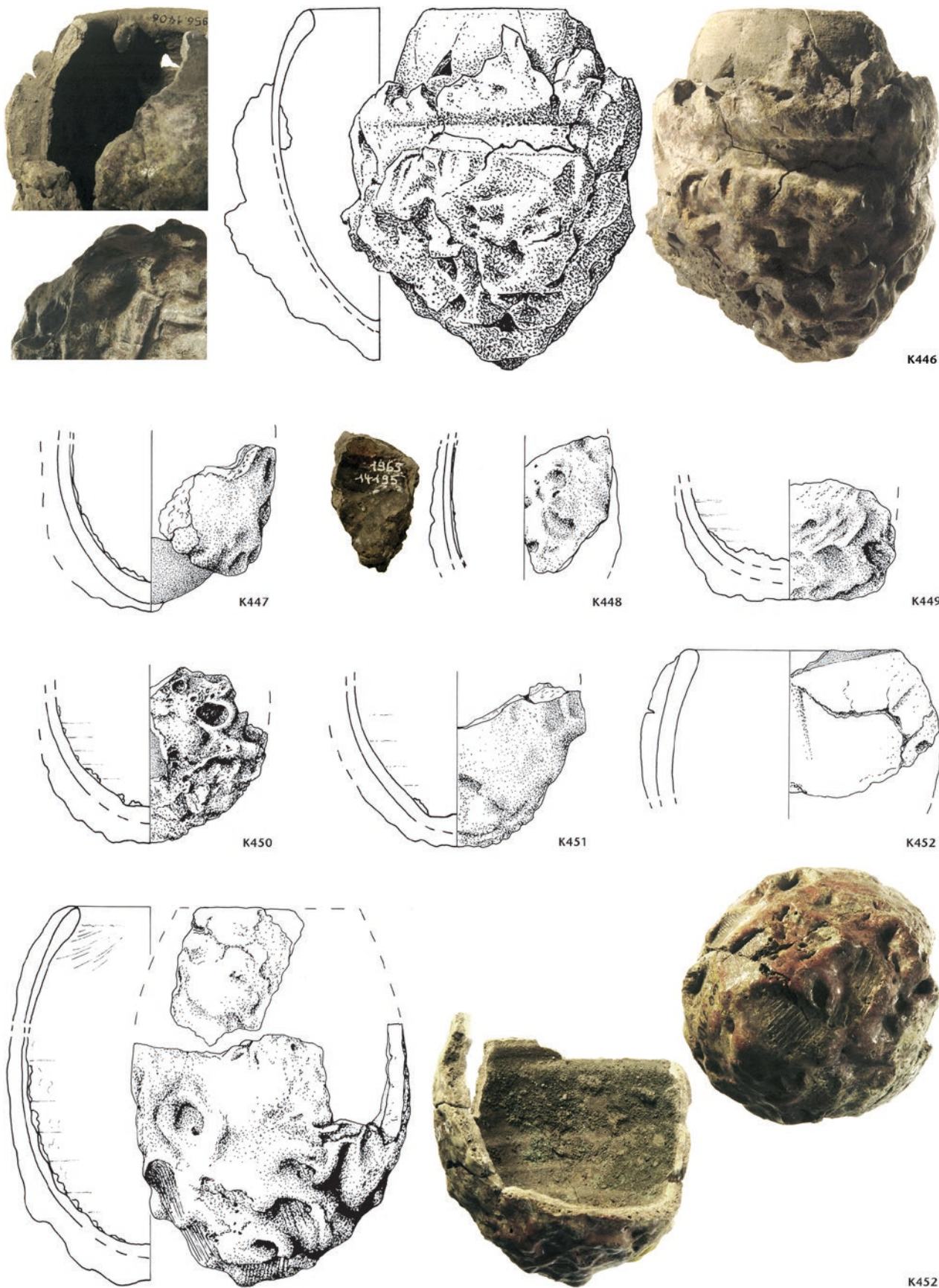
Tafel 10: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «mittelgross» T249–T264 (T264 abgeblättertes Lutum). M. 1:2.



Tafel 11: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «mittelgross» T265–T285. M. 1:2.



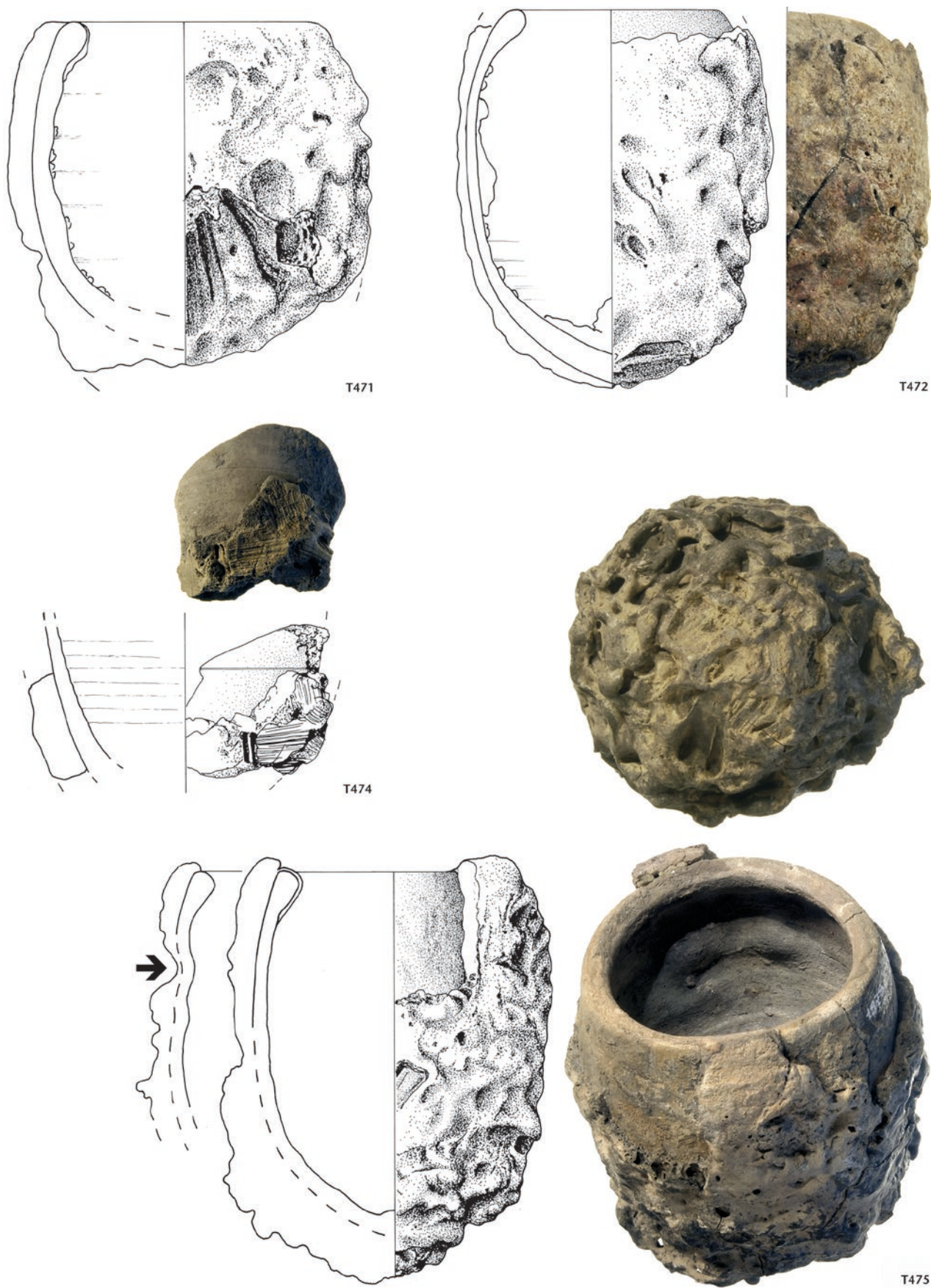
Tafel 12: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «mittelgross» **T286–T335**. M. 1:2.



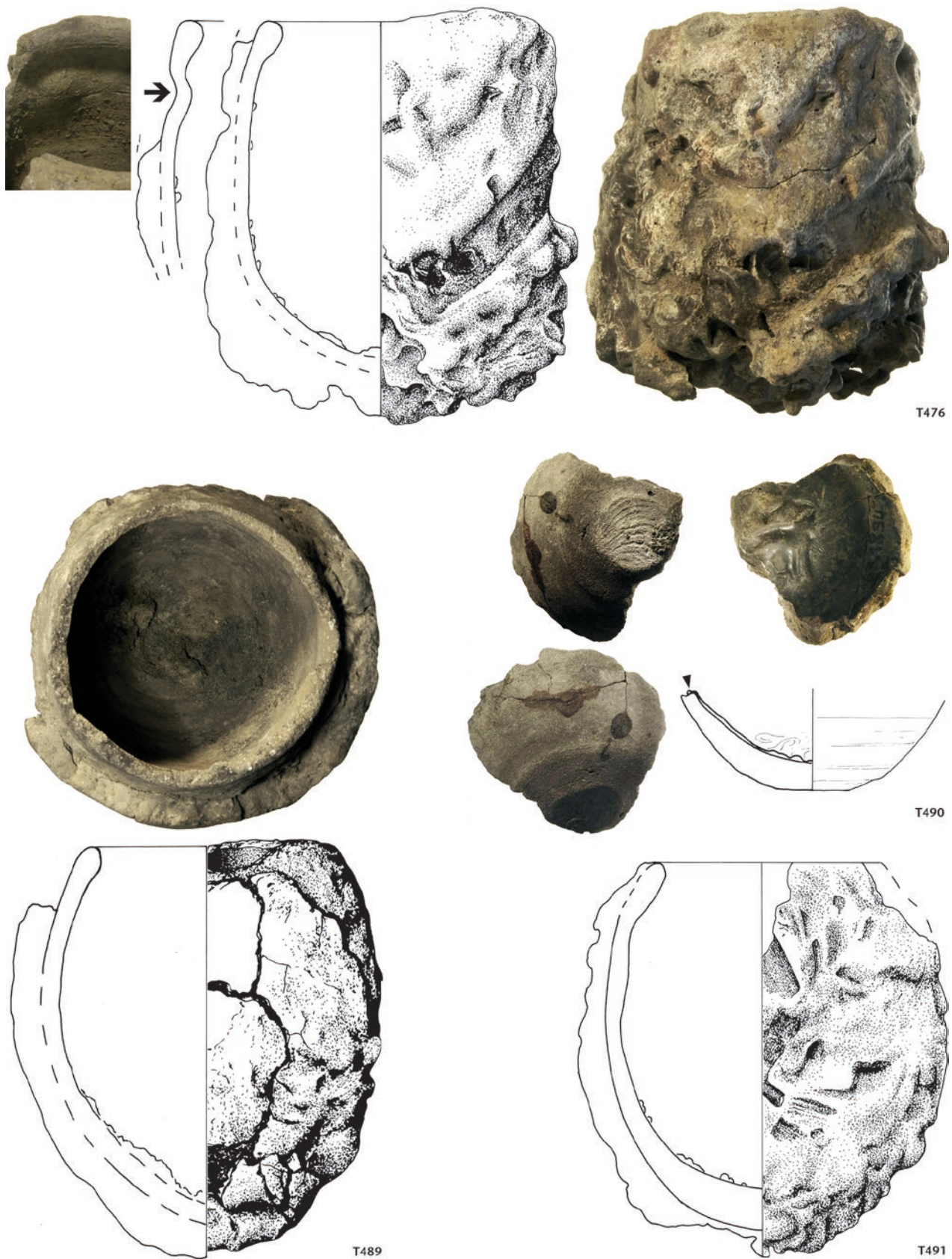
Tafel 13: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» T446-T453. M. 1:2.



Tafel 14: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T454–T470**. M. 1:2.



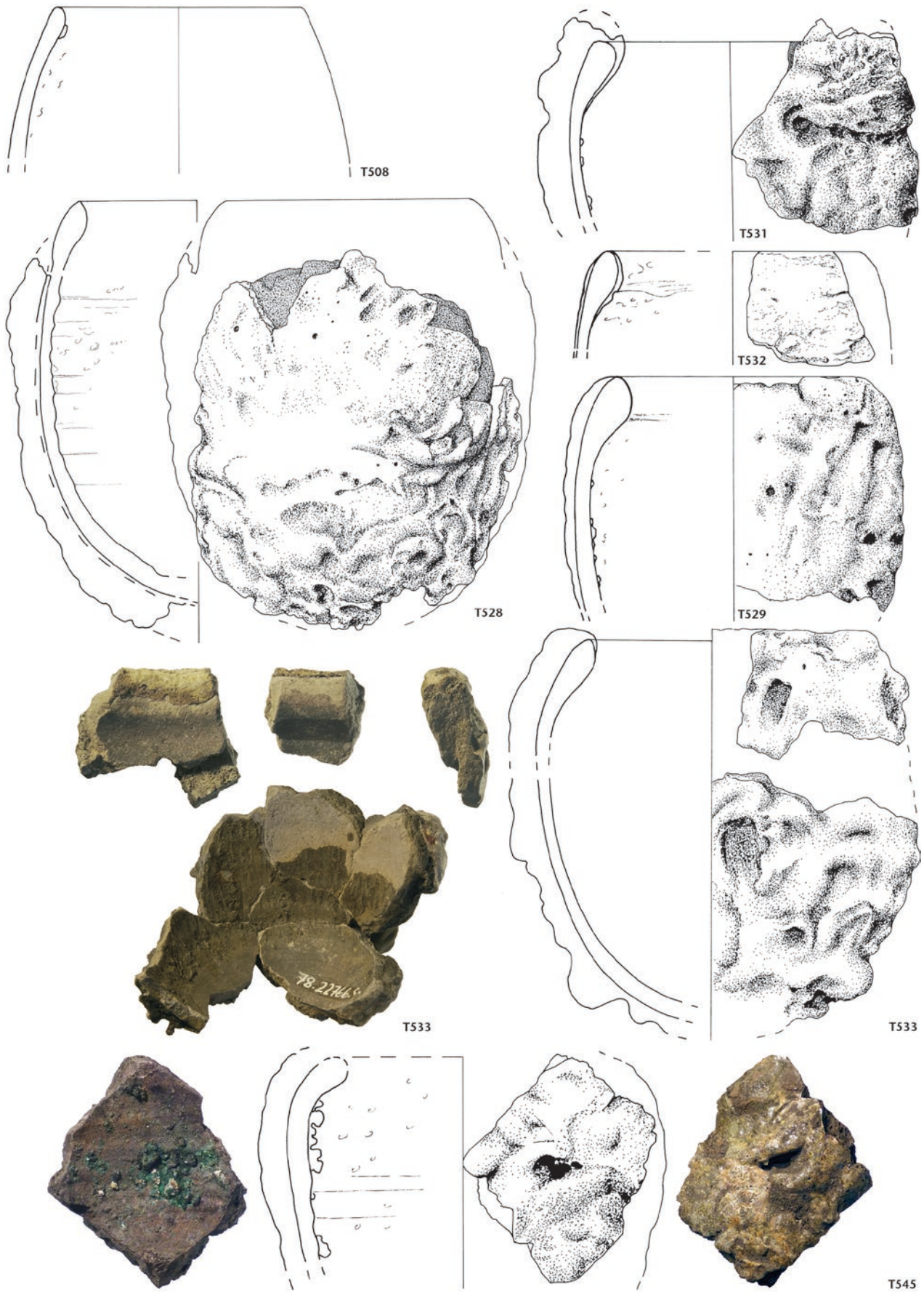
Tafel 15: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T471-T475**. Der Pfeil → bei **T475** weist auf den Eindruck einer Tiegelzange hin. M. 1:2.



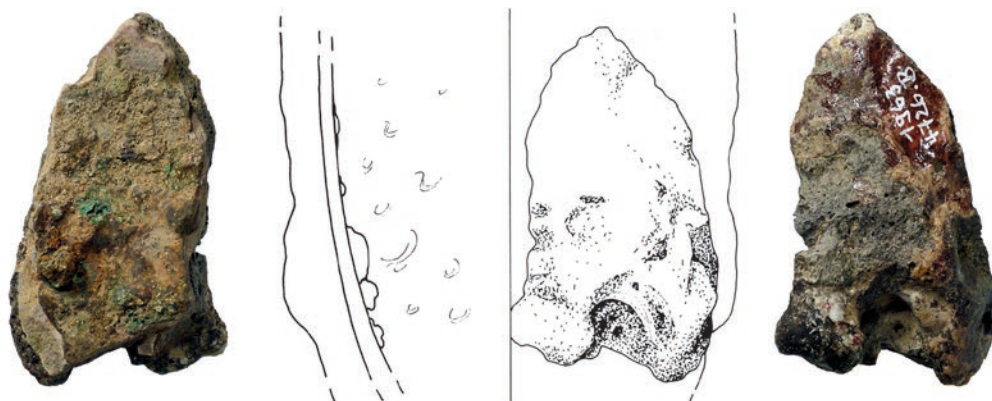
Tafel 16: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» T476–T491. Der Pfeil → bei T476 weist auf den Eindruck einer Tiegelzange hin; das ► bei T490 weist auf Schmelzglasur hin, die über die Bruchkante geflossen ist. M. 1:2.



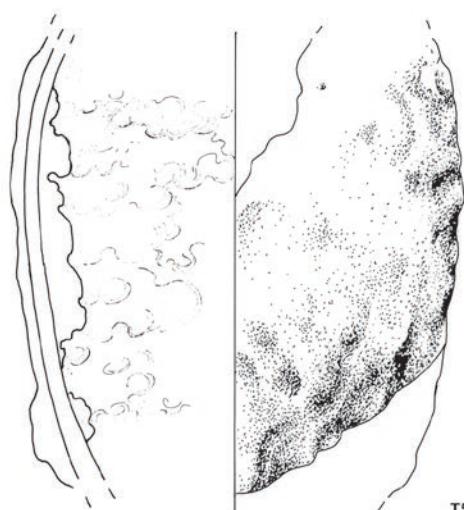
Tafel 17: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T500–T507** (**T501** mit Graffito «C»). M. 1:2.



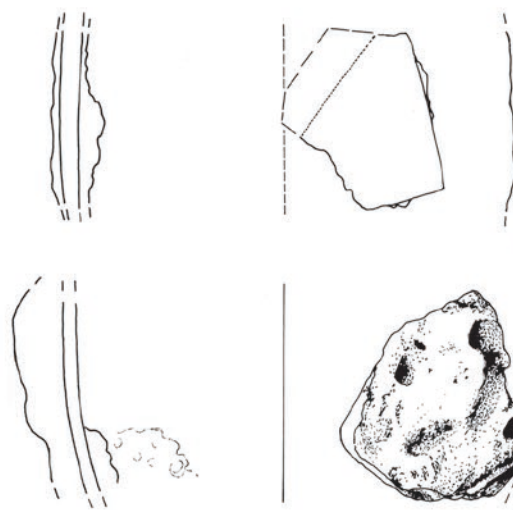
Tafel 18: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» T508–T545. M. 1:2.



T546



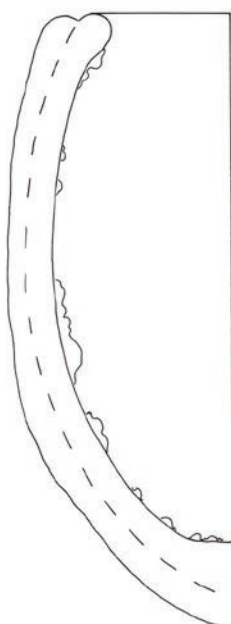
T547



T548

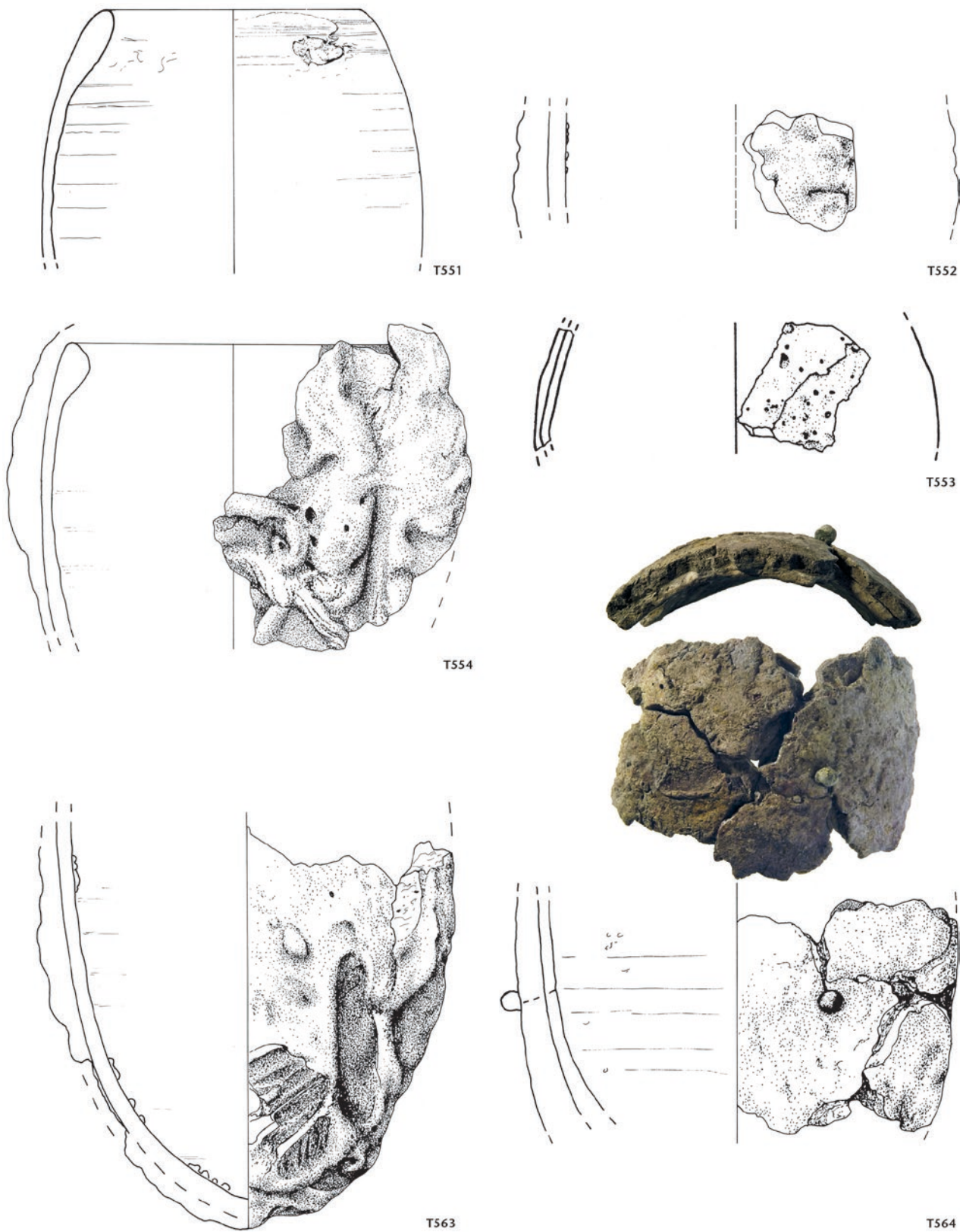


T550



T549

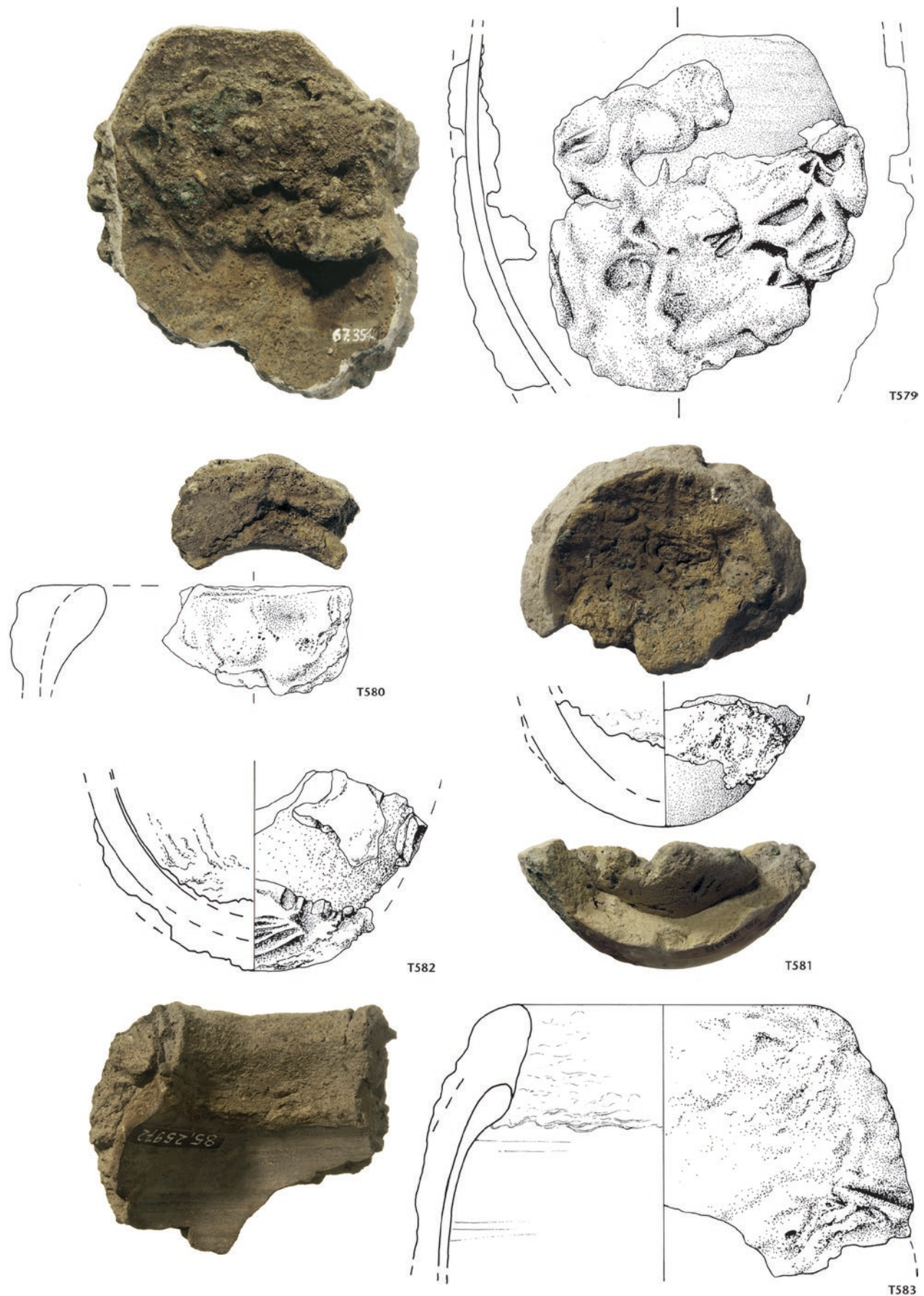
Tafel 19: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T546–T550**. M. 1:2.



Tafel 20: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T551-T564** (**T564** mit Bronzetropfen aussen bei einem Riss). M. 1:2.



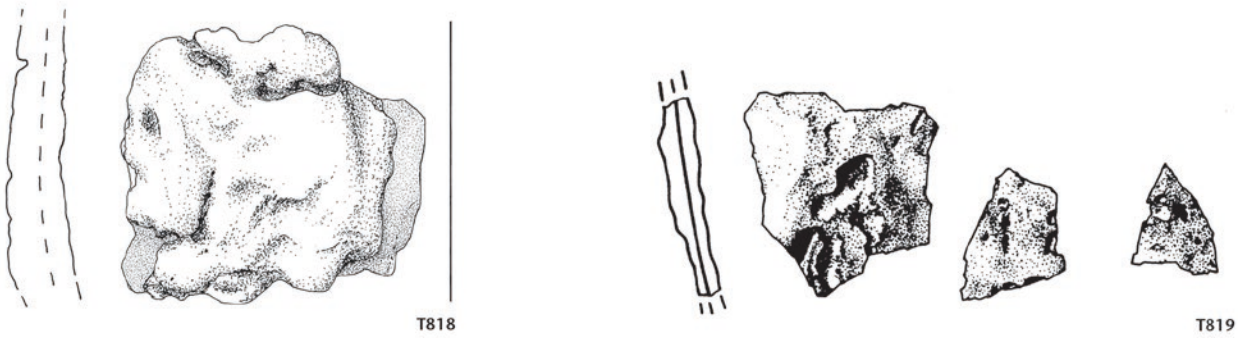
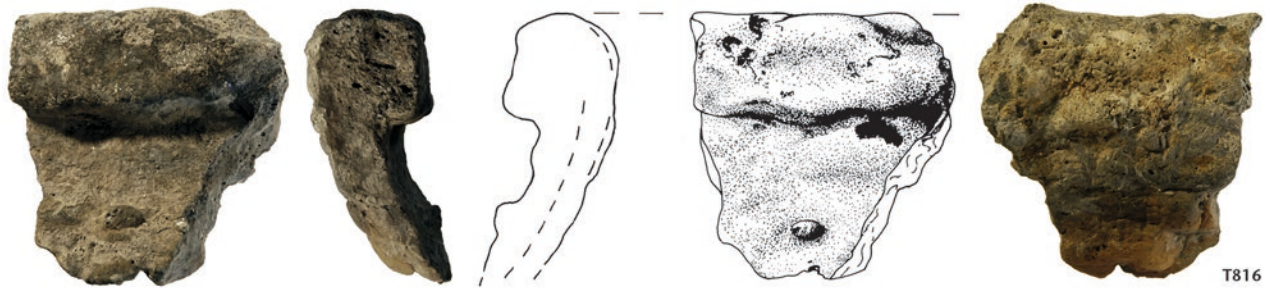
Tafel 21: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T566-T574**. M. 1:2.



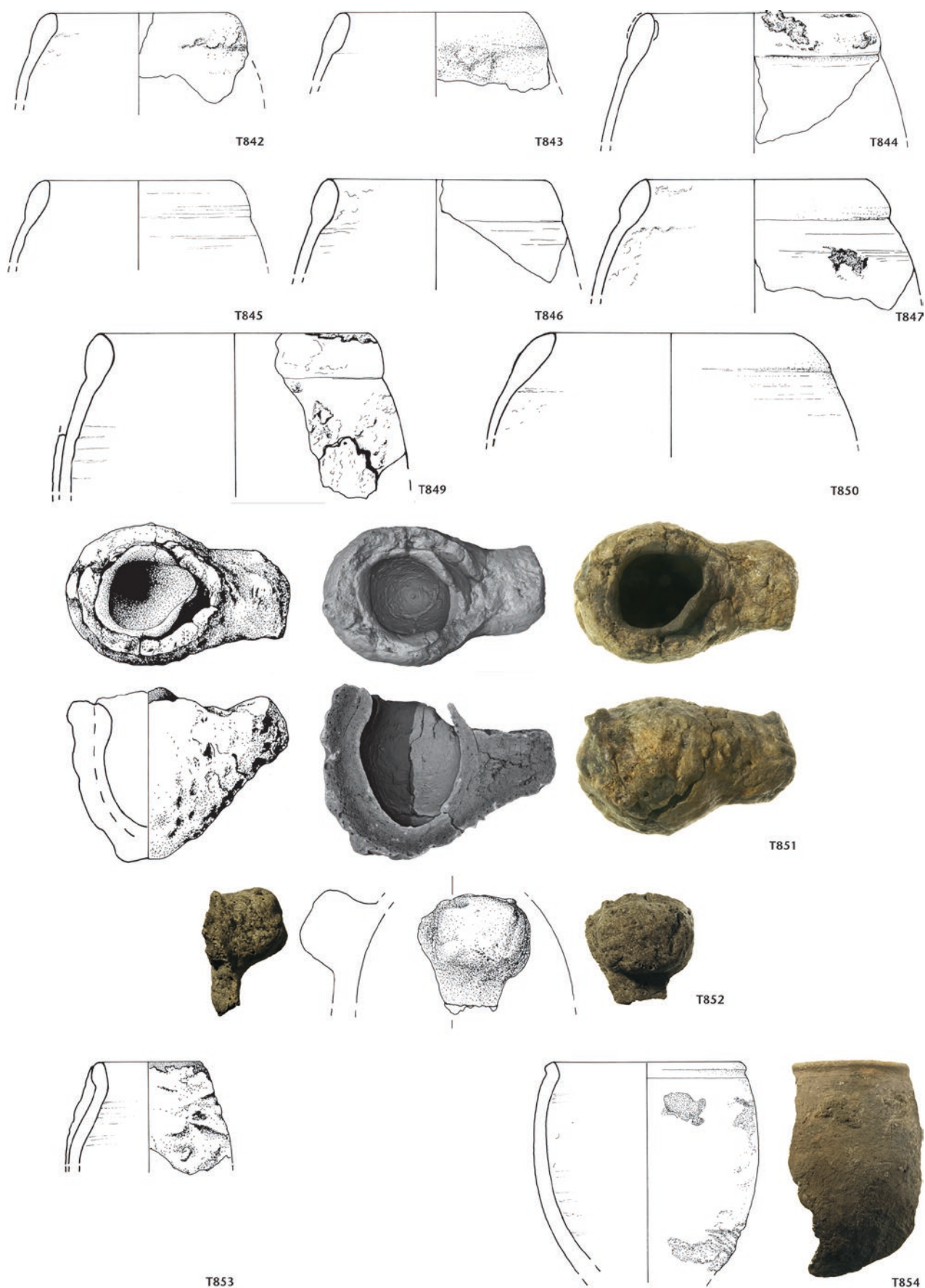
Tafel 22: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» T579–T583. M. 1:2.



Tafel 23: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «gross» **T586-T603**. M. 1:2.



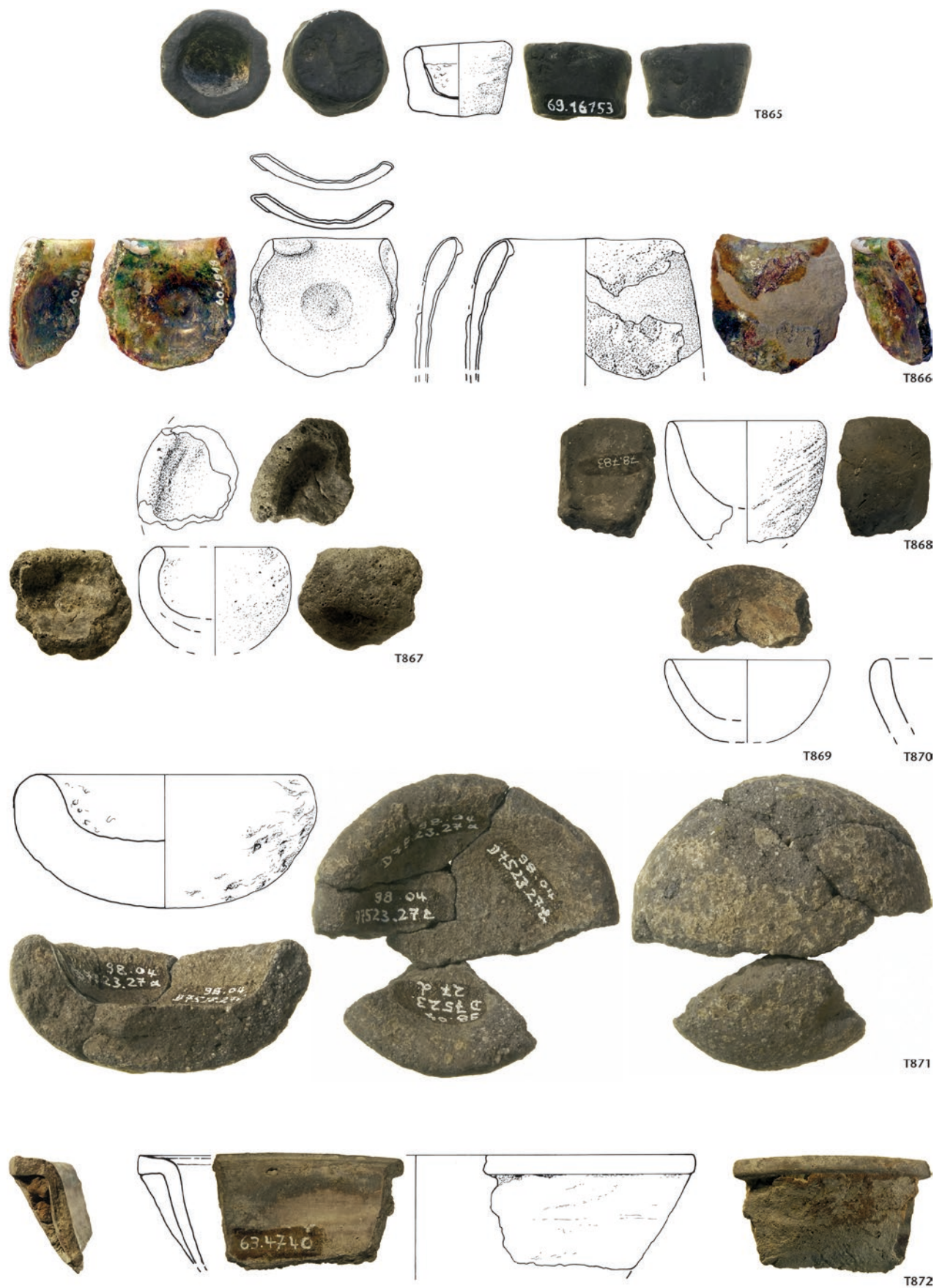
Tafel 24: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel «übergross» **T816–T821** (T821 evtl. grosser Zementationsdeckel). M. 1:2.



Tafel 25: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel mit aussen leicht verdicktem Rand (**T842-T850**), mit Griffflasche (**T851. T852**) und mit feinem nach aussen umgelegtem Rand (**T853. T854**). **T851**, Mitte = Neutronen-CT-Durchstrahlungsbilder (Abb. 22). M. 1:2.



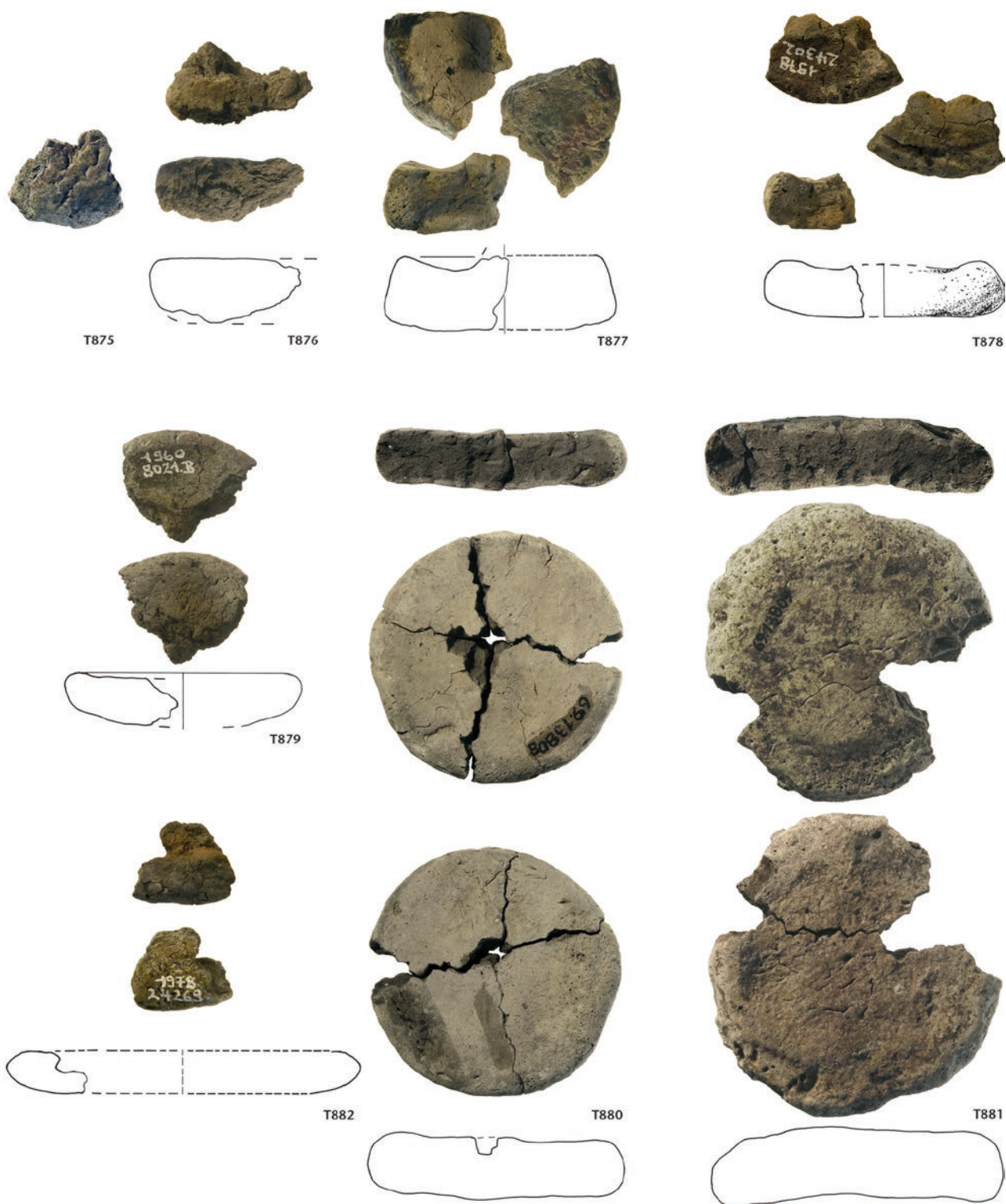
Tafel 26: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel, flachbodig **T855–T863**. M. 1:2.



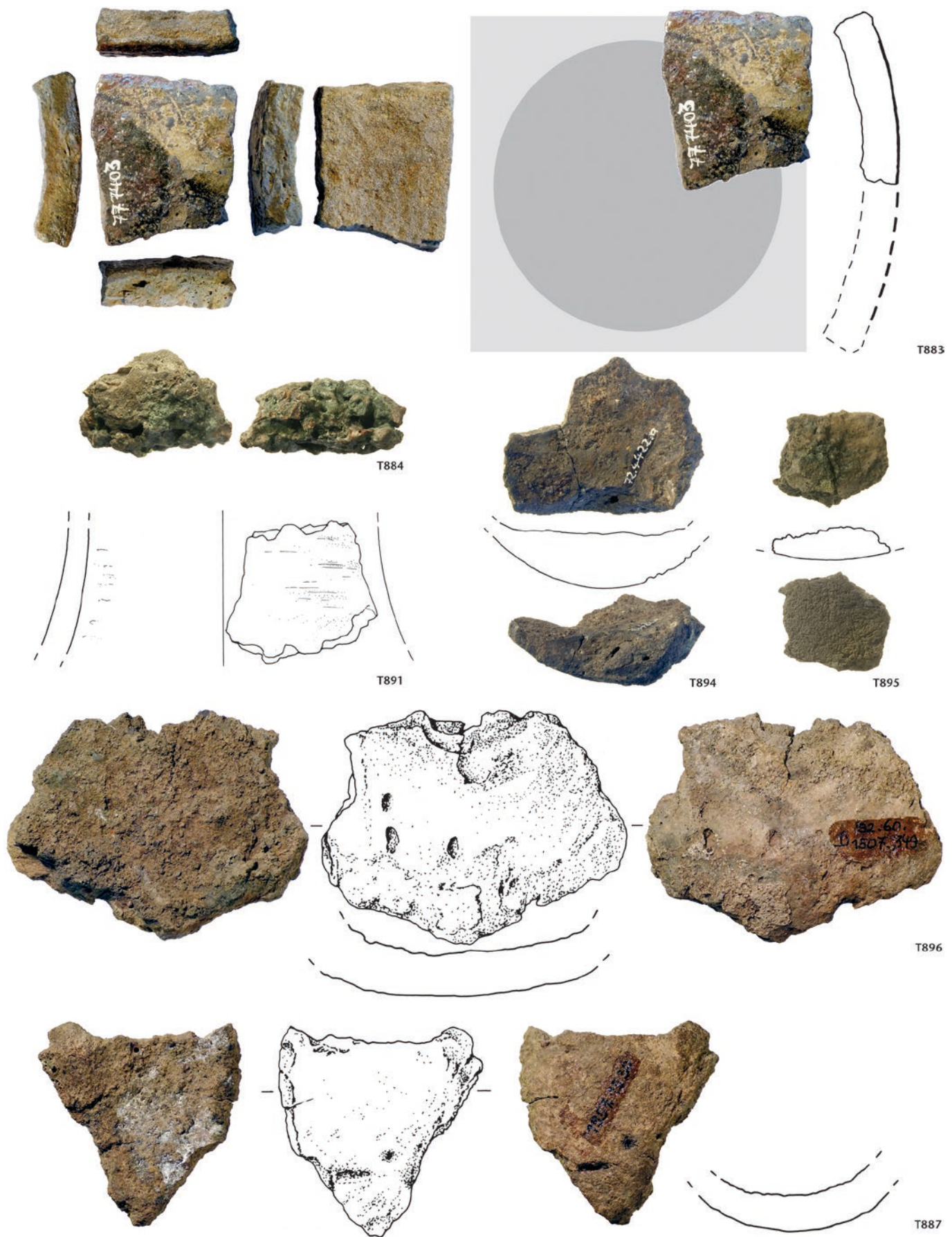
Tafel 27: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel, «Schälchentiegel» (**T865–T871**) und lutierte Schüssel (**T872**) (**T866** ist ein «Probierscherben» aus einem Tiegelrandfragment mit Schmelzglasur, auch auf allen Bruchkanten; **T871** in spätantik-frühmittelalterlich). M. 1:2.



Tafel 28: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel, neuzeitlich, aus Graphitton **T873** und **T874**. M. 1:2.



Tafel 29: Augusta Raurica. Buntmetallschmelztiegel- und Zementationstiegel-Deckel **T875–T882**. M. 1:2.



Tafel 30: Augusta Raurica. Aus Amphorenscherbe improvisierter Deckel (T883), Spezialformen (T884, T891) und Reguli aus Tiegeln (T894–T897). M. 1:2.

(Eine Reihe des Verlags LIBRUM Publishers & Editors LLC, herausgegeben von der Dr. h. c. Alfred Mutz-Stiftung für alte, insbesondere antike Technologie und Technikgeschichte)

Die Dr. h. c. Alfred Mutz-Stiftung

Der Basler Gewerbeschullehrer Alfred Mutz (1903–1990) forschte seit den 40er-Jahren des 20. Jahrhunderts zur antiken Technikgeschichte, welche er mit Publikationen und Werkzeug-Rekonstruktionen bereicherte. Für seine Verdienste als Brückenbauer zwischen Archäologie und Technik verlieh ihm die Philosophisch-Historische Fakultät der Universität Basel 1972 die Ehrendoktorwürde. 1976 richtete Alfred Mutz eine Stiftung ein.

Die «Dr. h. c. Alfred Mutz-Stiftung für alte, insbesondere antike Technologie und Technikgeschichte» verfolgt folgende Ziele:

- 1) Finanzielle Unterstützung bei der Erarbeitung und der Drucklegung von Publikationen zur alten, insbesondere zur antiken Technologie und Technikgeschichte.
- 2) Führung, Unterhalt und Ausbau einer Spezial-Bibliothek für alte, insbesondere antike Technologie und Technikgeschichte an der Universitätsbibliothek Basel (Signatur JP).

Bisher in der Reihe «Beiträge zur Technikgeschichte» erschienen:

- Alex R. Furger (mit Beiträgen von Markus Helfert), Antike Schmelztiegel. Archäologie und Archäometrie der Funde aus Augusta Raurica. Beiträge zur Technikgeschichte 1 (Basel 2017).

In Vorbereitung:

- Alex R. Furger, Zur antiken Stahlerzeugung. Ein Nachweis der Aufkohlung von Eisen aus Augusta Raurica (Arbeitstitel). Beiträge zur Technikgeschichte (in Vorb.).
- Alex R. Furger, Metalle schleifen und polieren in der Antike. Alte Quellen und neue Experimente (Arbeitstitel). Beiträge zur Technikgeschichte (in Vorb.).

Die römische Stadt Augusta Raurica bei Basel erbrachte u. a. zahlreiche archäologische Zeugnisse der frühen Metallverarbeitung, insbesondere Grabungsbefunde von Bronzegiesserwerkstätten und Hunderte von mobilen Zeugnissen ihrer Tätigkeit: Fehlgüsse, Halbfabrikate, Schmelztiegel, Gussformen usw. Die 893 Schmelztiegel bilden den bisher umfangreichsten archäologischen Fundbestand im antiken Europa. Ihnen ist die aktuelle archäologische und naturwissenschaftliche Studie gewidmet. Es handelt sich hierbei um eine einzigartige Untersuchung mit einem originellen und innovativen Forschungsansatz. Sie bildet eine wichtige Grundlage für weitere wirtschaftsgeschichtliche, archäologische und archäometrische Untersuchungen sowie für die experimentelle Archäologie und ist so verständlich geschrieben, dass sie auch für ein nicht-naturwissenschaftliches Publikum geeignet ist.

Die vielseitigen, interdisziplinären Untersuchungen verfolgen zwei Schwerpunkte: Einerseits werden die römischen Schmelztiegel von Augusta Raurica archäologisch dokumentiert und bezüglich der Tonherkunft sowie der Metallspuren erfolgreich analysiert. Andererseits werden mit Experimenteller Archäologie neue Wege beschritten, indem das Töpfern von Tiegeln, die Herstellung der äusseren «Verschleisschicht Lutum», das Zementieren von Messing sowie weitere Phänomene der Tiegel-Metallurgie erprobt und rekonstruiert werden.

